

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний факультет

Кафедра приладобудування

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій Киричук

« ____ » _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Бакалавр»

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Лазерний рівень»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ПМ-61

Захаров Єгор Олегович _____

Керівник:

к.т.н., доцент

Нечай Сергій Олексійович _____

Консультант з технологічного розділу:

д.т.н., професор

Антонюк Віктор Степанович _____

Рецензент:

к.т.н., доцент

Шевченко Вадим Володимирович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) Захаров Єгор Олегович

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ПМ-61.05.000 ПЗ	Пояснювальна записка	115	
3	A1	ДП ПМ-61.05.000.001	Корпус лазерного рівня	1	
4	A1	ДП ПМ-61.05.000.002	3D Модель	1	
5	A1	ДП ПМ-61.05.000 СК	Складальний кресленик	1	
6	A1	ДП ПМ-61.04.000 СХ	Схеми	1	
7	A1	ДП ПМ-61.05.000 ГФ	Графіки	1	

				ДП ПМ-61 07.000.01		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розроб.	Захаров Є.О.			Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології систем точної механіки	Лист	Листів
Керівн.	Нечай С.О.				1	1
Консульт.	Антонюк В. С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБ Гр. ПМ-61	
Н/контр.						
Зав.каф.	Киричук Ю.В.					

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма **«Бакалавр»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій Киричук

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Захарову Єгору Олеговичу

1. Тема проєкту «лазерний рівень», керівник проєкту к.т.н. , доцент Нечай Сергій Олексійович затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р.
№ _____
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту: габарити до 100 см; габарити лазерного модуля до 20; маса лазерного рівня до 20 кг; діапазон самонівелювання не менше 4°; діапазон робочих температур не менше 0 - +35.
4. Зміст пояснювальної записки: огляд матеріалів необхідних для проєкту; конструкторський розділ; опис пристрою; розрахунок характеристик пристрою; розрахунок вузлів та деталей; технологічний розділ; висновки; список використаної літератури;
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) : складальний кресленик (1 арк. А1) , кресленики деталей (1 арк. А1) , схеми та графіки (1 арк. А1), 3Д модель (1 арк А1).

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічний	Антонюк Віктор Степанович		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Одержати у керівника дипломного проекту (ДП) затвердженого завідувачем кафедри завдання на ДП	30 квітня 2020 р.	
2.	Виконання пояснювальної записки ДП	05 червня 2020 р.	
3.	Виконання технологічного розділу ДП, передача на перевірку та одержання підпису консультанта	09 червня 2020 р.	
4.	Виконання графічних матеріалів ДП	07 червня 2020 р.	
5.	Подання керівнику для перевірки: ДП та тексту його остаточного варіанту в електронному вигляді, одержання відгука на ДП	09 червня 2020 р.	
6.	Одержання рецензії на ДП	10 червня 2020 р.	
7.	Подання ДП на кафедру, одержання грифу «До захисту допущено» у завідувача кафедри	10 червня 2020 р.	
8.	Подання ДП, відгука та рецензії в екзаменаційну комісію університету	16 червня 2020 р.	
9.	Захист дипломного проекту в екзаменаційній комісії університету	17 червня 2020 р.	

Студент

Захаров Єгор Олегович

Керівник

Нечай Сергій Олексійович

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Лазерний рівень»

Анотація

В даному документі представлено дипломний проект на тему: "Лазерні нівеліри" складається з 4 розділів, висновку, списку літератури та додатків. Пояснювальна записка містить 78 сторінки, 33 рисунки, список літератури з найменуваннями та додатки.

Тема звіту є актуальною через щорічне збільшення попиту на вироби даного типу через їх зручність, наочність та простоту використання у порівнянні з класичними рівнями, що дозволяє за менший час зробити розмітку на площині або заміряти зсув, а також через велике поле для модернізації та покращення характеристик у порівнянні з існуючими моделями.

В сучасних моделях є багато недоліків основними з яких є слабкість світлосили випромінювача; малий діапазон самонівелювання променя; недостатня прочність та ударовитривалість корпусів, що в купі з відсутністю системи попередження зсувів деталей всередині корпусу призводять до браку надійності приладу та зменшення часу його праці. Через це дослідження принципів роботи, побудови конструкції та знаходження оптимальних конструктивних рішень є актуальним.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
5						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		5

Annotation

This document presents a thesis project on the topic: "Laser Levels" consists of 4 sections, conclusion, bibliography and appendices. The explanatory note contains 78 pages, 33 figures, a list of references and appendices.

The topic of the report is relevant due to the annual increase in demand for products of this type due to their convenience, clarity and ease of use compared to classic levels, which allows less time to make markings on the plane or measure the shift, as well as a large field for modernization and performance. comparable to existing models.

In modern models there are many disadvantages, the main of which is the weakness of the luminosity of the emitter; small range of beam self-leveling; insufficient strength and impact resistance of the housings, which together with the lack of a system to prevent displacement of parts inside the housing lead to a lack of reliability of the device and reduce its operating time. Because of this, the study of the principles of operation, construction and finding optimal design solutions is relevant.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
6						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		6

Зміст

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів	10
Вступ	11
1. Дослідження предметної області	13
1.1 Класифікація рівнів	13
Висновки по розділу 1	21
2. Класифікація лазерних рівнів	22
2.1 Класифікація лазерів за ступенем небезпеки	22
2.2 Типи лазерів	26
2.2.1 Оглядова характеристика типів лазерів	27
2.2.2 Перебудовані лазери	30
2.3 Класифікація лазерних рівнів	31
2.3.1 Точкові лазерні рівні	33
2.3.2 Лінійні лазерні рівні	34
2.3.3 Ротаційні лазерні рівні	36
2.4 Класифікація лазерних рівнів за областю використання	40
Висновки до розділу 2	42
3. Конструювання лазерного рівня	43
3.1 Будова лазерного випромінювача	43

3.2 Розрахунок фокусної відстані для лінзи лазерного нівеліру	45
3.3 Будова лазерного модуля	46
3.4 Установка лазерних модулів	48
3.5 Компенсація позиціонування лазерних нівелірів	50
3.6 Магнітний компенсатор коливань	52
3.7 Електрична схема	54
3.8 Розрахунок часу роботи від акумулятору	55
3.9 Розрахунок ослаблення лазерного променя в атмосфері	55
3.10 Механічний спосіб вимірювання енергетичних параметрів	57
3.11 Розрахунок відстані на якій видно промінь від рівня	57
3.12 Розрахунок маси приладу	58
Висновки до розділу 3	60
4.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	61
4.1 Опис об'єкта для технологічного процесу	61
4.2.Оцінка рівня технологічності	63
4.3 Визначення основних показників технологічності	65

4.4 Додаткові показники технологічності	67
4.5 Комплексний показник технологічності	69
4.6 Схема складального складу	70
4.7 Технологічна схема складання	70
4.8 Розрахунок точності механоскладальних робіт	73
4.9 Координатний метод	74
4.10 Визначення фізичної (параметричної) взаємозамінності	75
Висновки до розділу 4	77
Загальні висновки по роботі	78
Список використаної літератури	79
Додатки	81

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів

ЛМ– лазерний модуль

ЛР – лазерний рівень

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
10						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

Вступ

Серед основних напрямків научно-технічного розвитку особливу увагу слід приділити застосуванню засобів розмітки площин. Покращення якості розмітки дозволяє повисити продуктивність машин, знизити трудові затрати на підготовчі операції та найчастіше доопрацювання, повисити точність та об'єктивність контролю, зменшити ручний труд. При цьому точність проведення робіт має принципове значення через те, що вона визначає якість кінцевого результату. Перспективним засобом з точки зору повної автоматизації контролю просторового положення на об'єкті є оптично-електронні системи(ОЕС). Ротаційні та статичні прилади для побудови базових площин використовують лазерний промінь для задання вимірювальної бази. Рівень – вимірювальний пристрій для перевірки горизонтальності або вертикальності площини. Ці пристрої мають довгу історію, ще 5 тис. років тому єгиптяни використовували косинець зі схилом в вигляді букви А з металевим важіль, який був підв'язаний на мотузку. Цю технологію використовували до 1661р. В цьому році французький вчений Мельхиседек Тревено винайшов спиртовий рівень який був заснований на схожому принципі. Колба заповнена спиртом з бульбашкою повітря монтувалась в дерев'яний або металевий корпус і відхил бульбашки від центру показував нерівність поверхні. В наш час розповсюджені оптичні, лазерні та цифрові рівні. Рівень або нівелір – пристрій призначений для знаходження різниці висот між декількома точками поверхні. Його робота заснована на прямолінійності промінів, а основною задачею є побудова стабільної горизонталі відносно якої будь-які відхилення будуть помітними. Найбільше розповсюдження цей пристрій знайшов серед будівників, ремонтників, геодезистів, проектувальників а також топографів. Під час роботи лазерного рівня користувач знімає показники сам дивлячись на рейку поряд з

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
11						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

випромінювачами. Головна технічна особливість полягає в присутності випромінювачів, які формують горизонтальну або(та) вертикальну лінію. Площина в якій можуть працювати лазерні рівні обмежуються лише силою випромінювачів, отже з плином прогресу вони будуть вдосконалюватись.

Мета БР: метою даної роботи є ознайомлення з лазерним рівнем, його типами, а також створення свого аналогу існуючих приладів.

Задачі БР: ознайомитись з будовою лазерного рівня, класами лазерів, розробити аналог існуючих приладів.

Об'єкт роботи: лазерний рівень.

Публікації:

Стаття у матеріалах XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування».

Ключові слова: геодезія, лазерний рівень, горизонтальна площина, механізм хитання.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
12						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

1. Дослідження предметної області

У сучасному світі жоден серйозний проект пов'язаний з будівельними або геодезичними роботами не можна уявити без розмітки території роботи, за рахунок якої проводять розподіл території на сектори, перевіряють кути нахилу відносно нормалі, перевіряють відповідність на горизонтальність або вертикальність площини. Розмітка робочої площини частіше за все проводиться за допомогою лазерних маркерів або лазерних нівелірів.

На сьогоднішній день більшість будівель, об'єктів загального користування таких як стадіони, дома культури, вокзали та багато інших є застарілими, а деякі з них знаходяться в аварійному стані, термін їх придатності спливає щороку, тому в найближчому майбутньому державу чекає низка великих проектів пов'язаних з будівельними роботами. Однією з запорок якості таких проектів є якісна розмітка робочої зони яка буде впливати як на якість кінцевої роботи так і на термін її придатності, що буде впливати на майбутні трати на обслуговування або заміну об'єкту.

Основну роботу в даному випадку слід провести конструкторам для зменшення похибок нівелірів, що є найактуальнішим для внутрішніх робіт, збільшення робочої зони, що допоможе одним приладом провести розмітку великого будівельного проекту такого як стадіон для уникнення різних видів похибок та зсувів на різних робочих зонах проекту

1.1 Класифікація рівнів

В наш час існує декілька видів рівнів для проведення будівельних робіт. Найпростішим з них є гідрорівень - пристрій, який працює за принципом сполучених судів. Друга назва приладу - водяний рівень. Гідростатичний рівень складається з двох судин, з'єднаних між собою прозорою трубкою. Перед роботою систему заповнюють водою так, щоб вона зайняла приблизно 2/3 обсягу колб. При цьому стежать за тим, щоб рідина всередині трубки не містила бульбашок повітря. Їх потрібно видалити, інакше вимірювання будуть неточними. Не допускаються

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
13							13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

перегини і переломи трубки: вода повинна вільно перетікати з однієї судини в іншій. Для перевірки точності приладу колби суміщають один з одним. Необхідно, щоб кордон рідини у них була спільна. Промисловість виробляє гідростатичні рівні довжиною від 5 до 25 м. Похибка вимірювань даних пристроїв складає $2 \div 3$ мм. Виробляти розмітку рекомендується від однієї базової мітки. Це дозволяє добитися максимальної точності. Гідрорівень зображено на рисунку 1.1.

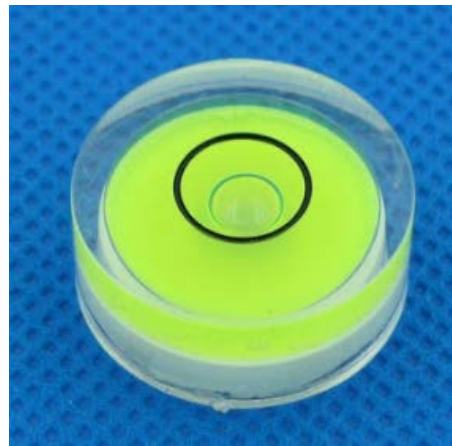


Рисунок 1.1. Гідрорівень

Бульбашкові рівні набули найбільшого поширення завдяки своїй простоті, доступності та універсальності. Вони називаються так тому, що чутливим елементом у них є пухирець повітря, плаваючий в ампулі. Похибка вимірювань даних пристроїв складає $0,5 \div 1$ мм / м. Вітчизняні моделі проводяться згідно ГОСТ 9416-83, де описані технічні умови на їх виготовлення. Корпус інструменту являє собою порожню коробчасту конструкцію з ребрами жорсткості. Він може мати довжину від 30 см до декількох метрів. Для зменшення маси прилад виготовляють з алюмінієвих сплавів. Ампули з повітрям закривають захисним склом. У підставі корпусу, як правило, є міліметрова шкала вимірювань. Для роботи з металооб'єктами існують модифіковані магнітні бульбашкові рівні. Їх відмінною особливістю є наявність вбудованих магнітів, які дозволяють закріплювати інструмент вертикально на металевих деталях. Даний тип рівнів є одним з найстарших представників серед рівнів. Його недоліком є неможливість нескінченного подовження конструкції через значне збільшення ваги та як результат збільшення похибок через дію гравітації, вона буде тягнути кінці рівня до землі та буде призводити до деформацій в конструкції. Капсули бульбашкового рівня зображено на рисунку 1.2



а)



б)

Рисунок 1.2 Капсули бульбашкових рівнів а) циліндрична; б) колова.

Циліндрична капсула використовується для знаходження відхилів в одній площині. Колова капсула використовується тоді, коли потрібно визначити відхил прямої площини від горизонталі.

Електронні рівні з кутоміром відносяться до професійного вимірювального інструменту. Вони мають кілька бульбашкових камер для оцінки вертикальності і горизонтальності будівельних конструкцій. Однак на відміну від звичайних рівнів, такі прилади мають ряд додаткових можливостей. Однією з головних особливостей є цифровий дисплей, на якому наочно відображається величина відхилення в градусах. При цьому точність наданих даних висока - до $0,1^\circ$. Є можливість запису виміряних ухилів. Передбачена звукова індикація, яка сигналізує про досягнення 0° і 90° . Перевірка точності електронного рівня проста і не займає багато часу. Для цього потрібно покласти прилад на плоску поверхню, зняти показання. Повернувши рівень на 180 градусів, подивитися нові значення. Якщо різниця показань більш $0,2^\circ$, необхідна калібрування пристрою. Електронний рівень зображено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3. Електронний рівень Elitech

До четвертого типу відносяться оптичні нівеліри. Оптичний нівелір зображено на рисунку 1.6

1. Оптичний пристрій, так звана зорова труба. Принцип роботи цієї деталі - вільне обертання в горизонтальній площині. Головною функцією зорової труби є наведення системи на об'єкт зйомки.

2. Циліндричний рівень. Ця деталь є виключно чутливим пристроєм. Його призначенням є визначення точності орієнтування нівеліра щодо схилу. Точність розташування горизонтальної осі визначається по знаходженню бульбашки рівня в так званому «нуль-пункті».

3. Трегер. Підставка для зорової труби з трьома гвинтами, регулюючими висоту розташування.

4. Гвинт елевацийний. Ця деталь відповідає за однозначне орієнтування. Для визначення параметра необхідно візирну лінію приладу привести в горизонтальне положення.

Крім того, в конструкцію оптичних нівелірів останніх моделей в більшості випадків вбудований компенсатор. Його завдання - підтримка інструменту в строго горизонтальному положенні і, як наслідок, виключення похибок, які можуть бути викликані навіть невеликим нахилом приладу, при цьому геодезична зйомка стає більш точною.

Вибір типу оптичного нівеліра заснований на необхідній точності вимірювань в залежності від рівня проведених геодезистом робіт.

Поділ нівелювання по класах, використання відповідних нівелірів

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
16							16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

З'єднання нівелірних мереж, що утворюють єдину державну мережу нівелювання України, можна розділити по класах. До основної висотної основи відносяться перший і другий класи.

Для нівелювання I класу характерна висока точність робіт. Отримання такого результату роботи можливо тільки за допомогою найсучасніших геодезичних приладів, що дозволяють використовувати відповідні методи вимірювань. Тільки останні розробки геодезичного обладнання дозволяють уникнути стандартних помилок і найменших погрішностей в роботі. Мова, зрозуміло, йде про високоточному оптичному нівелір.

У його конструкцію входить плоскопаралельна пластина, яка є складовим елементом оптичного мікрометра. Встановлюється ця деталь перед об'єктивом, що обертається зорової труби. Крім того, оптичний нівелір такого рівня забезпечується компенсатором або такою деталлю, як контактний рівень, пляшечку якого різняться в поле зору обертається зорової труби.

Для нівелювання I класу використовуються оптичні нівеліри видів Н-05, Н1, Ні-002 і Ні-004 і ддругіе. Функціональні можливості цих марок повністю відповідають всім необхідним вимогам.

При здійсненні нівелювання II класу також необхідні високоточні нівеліри оптичні з конструкцією, що включає в себе і плоскопараллельные пластини, і компенсатор або контактний рівень. В даному випадку можуть застосовуватися прилади Н1 і Н-05, Ні-002, Ні-004 і Ні-007. Можливо і використання приладів, що пройшли сертифікацію і відповідних необхідному рівню точності.

Для проведення вимірювань III класу кращий нівелір оптичний з компенсатором вбудованого типу, а для IV класу - нівелір як з рівнем, так і з компенсатором.

Компенсатором в таких пристроях слугує маятниковий механізм. Саме принцип маятника був успішно використаний в нівелірах, вірніше, в компенсатори нівелірів. Нагадаю, що цей пристрій є вільно підвішений оптичний елемент зорової труби - призму, дзеркало між призмами або групу лінз в оптичній схемі нівеліра, єдиною метою якої є строго горизонтальне положення такої призми або дзеркала. Підтримка горизонтального положення візирної осі приладу при будь-якому його нахилі в межах заданого діапазону забезпечує необхідну точність вимірювань. Принцип роботи зі зміщенням зображено на рисунку 1.4.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
17						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

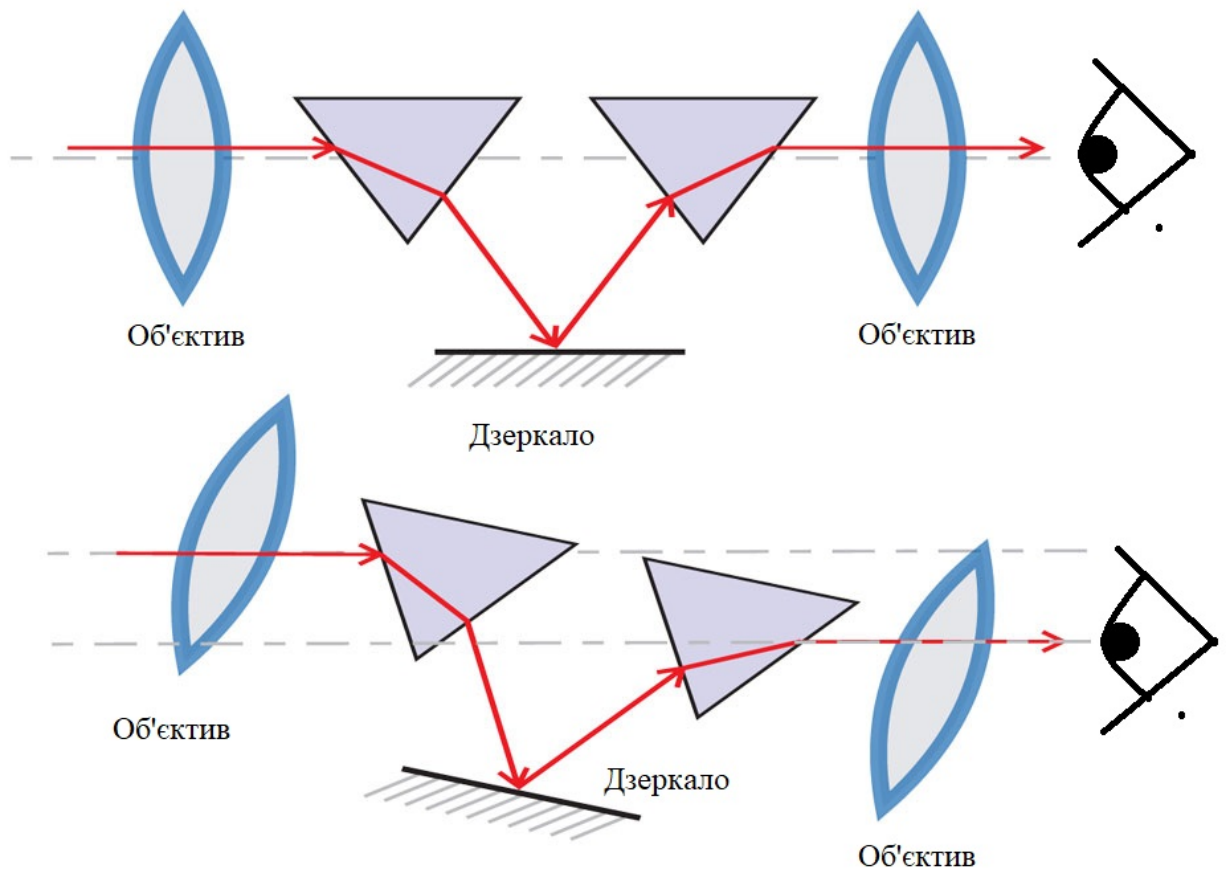


Рисунок 1.4 Принцип маятникового компенсатору

Перш ніж перейти до розгляду самовстановлюються приладів, слід дещо конкретизувати визначення. Для цього з'ясуємо, чи слід вважати прилади з Самоустановлювальні лінією візування і з компенсатором нахилу одним і тим же принципом. Зовнішній вигляд нівеліра з таким типом компенсатора зображений на рисунку 1.5.

Він складається з зорової труби 2, що складається з об'єктива 1, окуляра 3, круглого рівня 4, підставки з трьома підйомними гвинтами 5, що наводить гвинта 6 з нескінченної різьбленням.

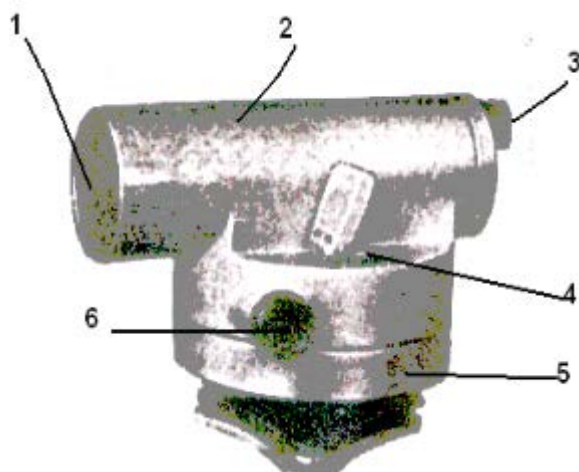


Рисунок 1.5. Зовнішній вигляд нівеліру Н-3К з маятниковим компенсатором

На рисунку 1.6 зображено розріз зорової трубки на якому добре видно пристрій.

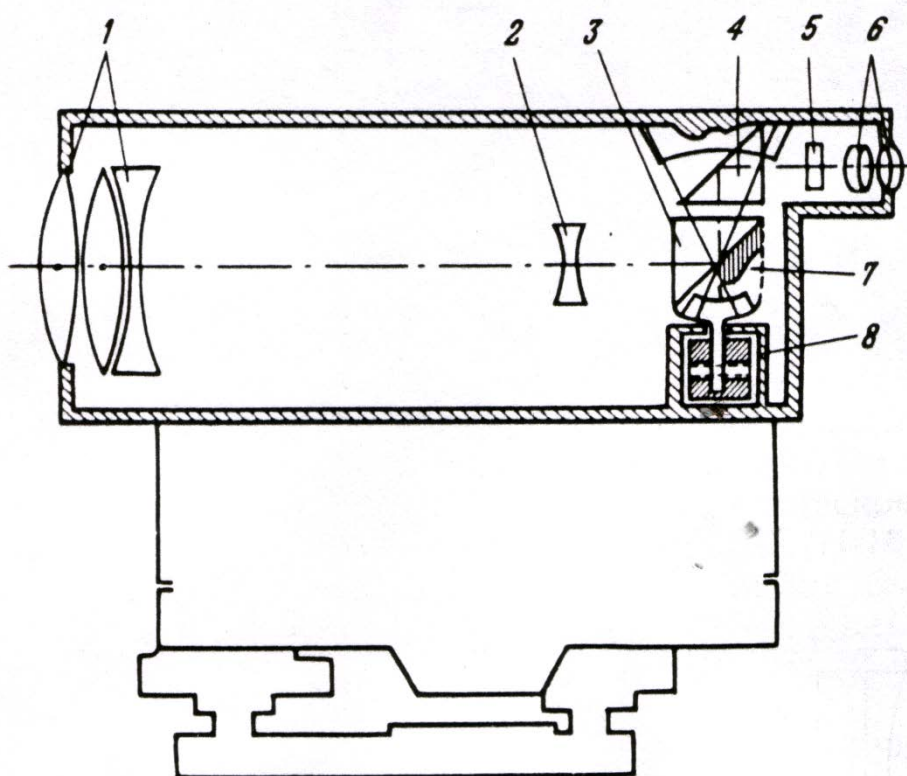


Рисунок 1.6 Розріз зорової трубки нівеліру Н-3К

Зорова труба нівеліра Н-3К ламана на увазі того, що перед сіткою ниток 5 (Рисунок 1.4) поміщений маятниковий компенсатор. Переміщенням фокусує лінзи 2 досягається можливість зміни фокусної відстані і різкого зображення поділів на

рейці незалежно від відстані від неї до нівеліра. прямокутної призми 3 і нерухомою прямокутної призми 4. Рухлива призма підвішена на чотирьох схрещених нитках. Що відображають межі обох призм розташовані під кутом 45° до горизонтального променя, який проходить через центр об'єктива. Нахил труби на невеликий кут (не більше 15°) викличе нахил відображає межі призми 3, а відображає грань призми 4 нахилиться на такий же кут, але в протилежному напрямку по відношенню до нахилу призми 3. Тем самим буде компенсований кут нахилу візирної осі, а отже, відлік по рейці буде відповідати горизонтального положення візирної осі. Слід пам'ятати, що компенсатор здатний компенсувати тільки невеликі кути нахилу зорової труби. Тому у даного класу нівелірів круглий рівень є основною частиною нівеліра в порівнянні з вирівняний. Нівеліри з компенсатором знайшли широке застосування в інженерно-геодезичних роботах. За оцінками дослідників продуктивність праці при роботі з такими нівелірами приблизно на 20% вище, в порівнянні з вирівняний нівелірами. У той же час нівеліри з компенсатором на будівельному майданчику мають обмежене застосування через наявність полів вібрації.

Лазерні нівеліри. Лазерний рівень - пристрій для побудови рівній горизонтальній і / або вертикальній площині за допомогою світлодіодів, що відбиваються на поверхні у вигляді яскравої лінії червоного або зеленого кольору. Ці невеликі портативні пристрої значно полегшили роботу не тільки будівельникам, але і робітникам, які виконують внутрішню обробку приміщення. Застосовуючи лазерний рівень для ремонту квартири можна значно заощадити час і трудові ресурси, так як прилад готовий до роботи відразу після включення, а зробити розмітку може і 1 людина. Лазерні рівні можуть бути використані не тільки професіоналами, але і для побутових потреб. Завдяки інтуїтивно зрозумілому управлінню і докладної інструкції, людина, що не володіє навичками по роботі з лазерними пристроями, зрозуміє, як працювати з лазерним рівнем. Поклеїти шпалери, покласти плитку або повісити картину зможе кожен, витративши всього

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
20							20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

кілька секунд увімкнути функцію дзвінків і наведення променя на поверхню.

Висновок по розділу: з поміж усіх видів рівнів найперспективнішими є саме лазерні рівні через їх простоту використання при роботі в будь-яких умовах та не розкритий до кінця потенціал лазерних випромінювачів. До недоліків таких виробів можна віднести потенційну небезпеку неякісних виробів через небезпеку ураження сітчатки ока або шкіри.

Висновки по розділу 1

1. Лазерний рівень є інноваційним приладом.
2. Для використання лазерного рівня не потрібно мати спеціальну кваліфікацію, отже цей прилад має широку потенціальну базу користувачів.
3. До вибору даних типів лазерів треба підходити з обережністю через можливість ураження лазером сітчатки ока або шкіри.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
21							21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

2. Класифікація лазерних рівнів

2.1 Класифікація лазерів за ступенем небезпеки

За ступінню небезпеки лазери поділяються на 4 типи

Визначення класу лазера засноване на обліку його вихідній енергії (потужності) і гранично допустимих рівнів при одноразовому впливі генерованого випромінювання.

За ступенем небезпеки генерованого випромінювання лазери підрозділяються на чотири класи.

До лазерів I класу відносять повністю безпечні лазери, тобто такі лазери, вихідний колімірованим випромінювання яких не становить небезпеки при опроміненні очей і шкіри.

Лазери II класу - це лазери, вихідний випромінювання яких становить небезпеку при опроміненні шкіри або очей людини колімірованим пучком; дифузно відбите випромінювання безпечно як для шкіри, так і для очей.

До лазерів III класу відносяться такі лазери, вихідний випромінювання яких становить небезпеку при опроміненні очей не тільки колімірованим, а й дифузно відбитим випромінюванням на відстані 10 см від поверхні, що відбиває і (або) при опроміненні шкіри колімірованим випромінюванням. Дифузно відбите випромінювання не є небезпечним для шкіри. Цей клас поширюється тільки на лазери, що генерують випромінювання в спектральному діапазоні II.

Четвертий (IV) клас включає такі лазери, дифузно відбите випромінювання яких становить небезпеку для очей та шкіри на відстані 10 см від поверхні, що відбиває.

Лазери класифікує підприємство-виробник по вихідних характеристиках випромінювання розрахунковим методом відповідно до таблиці 1.[13]

При визначенні класу небезпеки лазера, що випромінює на двох і більше довжинах хвиль, ґрунтуються на значеннях гранично допустимих рівнів.

Класифікацію лазерних виробів за ступенем небезпеки проводить підприємство-розробник виробів. При проведенні класифікації необхідно використовувати довідкові дані, вміщені в таблицях 1.1-1.5.

Таблица 1.1 Межі випромінювання для лазерних виробів класу 1

Длина волны λ , нм	Длительность излучения t , с										
	$< 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3} - 3$	3-10	$10 - 10^3$	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 3 \times 10^4$	
180-302,5	$2,4 \times 10^4$ Вт	$2,4 \times 10^{-5}$ Дж									
302,5-315		$7,9 \times 10^{-7} C_1$ Дж ($t < T_1$)							$7,9 \times 10^{-7} C_2$ Дж		
315-400		$7,9 \times 10^{-7} C_1$ Дж							$7,5 \times 10^{-3}$ Дж	$7,9 \times 10^{-6}$ Вт	
400-550	200 C_6 Вт	$2 \times 10^{-7} C_6$ Дж	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_6$ Дж					$3,9 \times 10^{-3} C_6$ Дж	$3,9 \times 10^{-7} \times C_6$ Вт		
550-700								$3,9 \times 10^{-3} C_3 C_6$ Дж ($t > T_2$)	$3,9 \times 10^{-7} \times C_3 C_6$ Вт		
700-1050	200 $C_4 C_6$ Вт	$2 \times 10^{-7} C_4 C_6$ Дж	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_4 C_6$ Дж						$1,2 \times 10^{-4} C_4 C_6$ Вт		
1050-1400	$2 \times 10^{-3} C_6 C_7$ Вт	$2 \times 10^{-6} C_6 C_7$ Дж			$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_6 C_7$ Дж					$6 \times 10^{-4} C_6 C_7$ Вт	
1400-1500	8×10^{-5} Вт	8×10^{-4} Дж				$4,4 \times 10^{-3} \times t^{0,25}$ Дж	$5,4 \times 10^{-2} \times t^{0,25}$ Дж	10^{-2} Вт			
1500-1800	8×10^{-6} Вт	8×10^{-3} Дж					$0,1$ Дж				
1800-2600	8×10^{-5} Вт	8×10^{-4} Дж				$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25}$ Дж	$5,4 \times 10^{-2} \times t^{1,25}$ Дж				
2600-4000	8×10^{-4} Вт	8×10^{-5} Дж	$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25}$ Дж								
4000- 10^6	10^{11} Вт·м $^{-2}$	100 Дж·м $^{-2}$	$5,6 \times 10^{-3} t^{0,25}$ Дж·м $^{-2}$					10^3 Вт·м $^{-2}$			

Таблица 1.2 Межі випромінювання для лазерних виробів класу 2

Длина волны λ , нм	Длительность излучения t , с	ДПИ для класса 2
499-700	$t < 0,25$	Такі ж, як ДПИ для класу 1
	$t \geq 0,25$	$C_6 \times 10^{-3}$ Вт*

Таблиця 1.3 Межі випромінювання для лазерних виробів класу 3А

Длина волны λ , нм	Длительность излучения t , с									
	$< 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3} - 0,25$	$0,25 - 3$	$3 - 10$	$10 - 10^3$	$10^3 - 3 \times 10^4$
180-302,5	$1,2 \times 10^{-4} \text{ Дж и } 30 \text{ Дж м}^{-2}$									
302,5-315	$1,2 \times 10^5 \text{ Вт и}$ $3 \times 10^{10} \text{ Вт м}^{-2}$	$4 \times 10^{-6} C_1 \text{ Дж и } C_1 \text{ Дж м}^{-2} (t < T_1)$						$4 \times 10^{-6} C_2 \text{ Дж и } C_2 \text{ Дж м}^{-2} (t > T_1)$		$4 \times 10^{-6} C_3 \text{ Дж и } C_3 \text{ Дж м}^{-2}$
315-400		$4 \times 10^{-6} C_1 \text{ Дж и } C_1 \text{ Дж м}^{-2}$						$4 \times 10^{-2} \text{ Дж и } 10^4 \text{ Дж м}^{-2}$	$4 \times 10^{-5} \text{ Вт и } 10 \text{ Вт м}^{-2}$	
400-700	$1000 C_6 \text{ Вт и}$ $5 \times 10^6 C_6 \text{ Вт м}^{-2}$	$10^{-6} C_6 \text{ Дж и}$ $5 \times 10^{-3} C_6 \text{ Дж м}^{-2}$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_6 \text{ Дж и}$ $18 t^{0,75} C_6 \text{ Дж м}^{-2}$				$5 \times 10^{-3} C_6 \text{ Вт и}$ $25 C_6 \text{ Вт м}^{-2}$			
700-1050	$1000 C_4 C_6 \text{ Вт и}$ $5 \times 10^6 C_4 C_6 \text{ Вт м}^{-2}$	$10^{-6} C_4 C_6 \text{ Дж и}$ $5 \times 10^{-3} C_4 C_6 \text{ Дж м}^{-2}$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_4 C_6 \text{ Дж и}$ $18 t^{0,75} C_4 C_6 \text{ Дж м}^{-2}$							$6 \times 10^{-4} \times$ $\times C_4 C_6 \text{ Вт и}$ $3,2 C_4 C_6 \text{ Вт м}^{-2}$
1050-1400	$10^4 C_6 C_7 \text{ Вт и}$ $5 \times 10^7 C_6 C_7 \text{ Вт м}^{-2}$	$10^{-5} C_6 C_7 \text{ Дж и}$ $5 \times 10^{-2} C_6 C_7 \text{ Дж м}^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2} t^{0,75} C_6 C_7 \text{ Дж и}$ $90 t^{0,75} C_6 C_7 \text{ Дж м}^{-2}$						$3 \times 10^{-3} \times$ $\times C_6 C_7 \text{ Вт и}$ $16 C_6 C_7 \text{ Вт м}^{-2}$	
1400-1500	$4 \times 10^6 \text{ Вт и}$ $10^{12} \text{ Вт м}^{-2}$	$4 \times 10^{-3} \text{ Дж и } 10^3 \text{ Дж м}^{-2}$				$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} \text{ Дж и}$ $5600 t^{0,25} \text{ Дж м}^{-2}$		$0,27 t^{0,25} \text{ Дж и}$ $5600 t^{0,25} \text{ Дж м}^{-2}$	$5 \times 10^{-2} \text{ Вт и}$ 10^3 Вт м^{-2}	
1500-1800	$4 \times 10^7 \text{ Вт и}$ $10^{13} \text{ Вт м}^{-2}$	$4 \times 10^{-2} \text{ Дж и } 10^4 \text{ Дж м}^{-2}$				$0,5 \text{ Дж и } 10^4 \text{ Дж м}^{-2}$				
1800-2600	$4 \times 10^6 \text{ Вт и}$ $10^{12} \text{ Вт м}^{-2}$	$4 \times 10^{-3} \text{ Дж и } 10^3 \text{ Дж м}^{-2}$				$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} \text{ Дж и}$ $5600 t^{0,25} \text{ Дж м}^{-2}$		$0,27 t^{0,25} \text{ Дж и}$ $5600 t^{0,25} \text{ Дж м}^{-2}$		
2600-4000	$4 \times 10^5 \text{ Вт и}$ $10^{11} \text{ Вт м}^{-2}$	$4 \times 10^{-4} \text{ Дж и}$ 100 Дж м^{-2}	$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} \text{ Дж и } 5,6 \times 10^3 t^{0,25} \text{ Дж м}^{-2}$				Дж м^{-2}			
4000-10 ⁶	$10^{11} \text{ Вт м}^{-2}$	100 Дж м^{-2}	$5,6 \times 10^3 t^{0,25} \text{ Дж м}^{-2}$						10^3 Вт м^{-2}	

Таблиця 1.4 Межі випромінювання для лазерних виробів класу 3В

Длина волны λ , нм	Длительность излучения t , с		
	$< 10^{-9}$	$10^{-9} - 0,25$	$0,25 - 3 \times 10^4$
180-302,5	$3,8 \times 10^5 \text{ Вт}$	$3,8 \times 10^{-4} \text{ Дж}$	$1,5 \times 10^{-3} \text{ Вт}$
302,5-315	$1,25 \times 10^4 C_2 \text{ Вт}$	$1,25 \times 10^{-5} C_2 \text{ Дж}$	$5 \times 10^{-5} C_2 \text{ Вт}$
315-400	$1,25 \times 10^8 \text{ Вт}$	$0,125 \text{ Дж}$	$0,5 \text{ Вт}$
400-700	$3 \times 10^7 \text{ Вт}$	$0,03 \text{ Дж для } t < 0,06 \text{ с}$ $0,5 \text{ Вт для } t \geq 0,06 \text{ с}$	$0,5 \text{ Вт}$
700-1050	$3 \times 10^7 C_4 \text{ Вт}$	$0,03 C_4 \text{ Дж для } t < 0,06 C_4 \text{ с}$ $0,5 \text{ Вт для } t \geq 0,06 C_4 \text{ с}$	$0,5 \text{ Вт}$
1050-1400	$1,5 \times 10^8 \text{ Вт}$	$0,15 \text{ Дж}$	$0,5 \text{ Вт}$
1400-10 ⁶	$1,25 \times 10^8 \text{ Вт}$	$0,125 \text{ Вт}$	$0,5 \text{ Вт}$

ДП ПМ-61 05.000.ПЗ

Таблиця 1.5 Поправочні коефіцієнти до попередніх таблиць

Параметр	Спектральний діапазон, нм
$C_1 = 5,6 \times 10^3 t^{0,25}$	302,5-400
$T_1 = 10^{0,8(\lambda-295)} \times 10^{-15}$ с	302,5-315
$C_2 = 10^{0,2(\lambda-295)}$	302,5-315
$T_2 = 10 \times 10^{0,02(\lambda-550)}$ с	550-700
$C_3 = 10^{0,015(\lambda-550)}$	550-700
$C_4 = 10^{0,002(\lambda-700)}$	700-1050
$C_4 = 5$	1050-1400
$C_5 = N^{-1/4*}$	400-10 ⁶
$C_6 = 1$ для $\alpha \leq \alpha_{\min}$	400-1400
$C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$ для $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}$	400-1400
$C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min}$ для $\alpha > \alpha_{\max}$	400-1400
$C_7 = 1$	1050-1150
$C_7 = 10^{0,018(\lambda-1150)}$	1150-1200
$C_7 = 8$	1200-1400
$\alpha_{\min} = 1,5$ мрад	для $t < 0,7$ с
$\alpha_{\min} = 2t^{3/4}$ мрад	для $0,7 \text{ с} \leq t < 10 \text{ с}$
$\alpha_{\min} = 11$ мрад	для $t \geq 10 \text{ с}$
$\alpha_{\min} = 0,1$ рад	

В більшості лазерних рівнів використовуються другий тип лазерів через їх відносну безпеку для здоров'я людини.

Дані були отримані з ГОСТ ІЕС/TR 60825-13-2016.

2.2 Типи лазерів

Штучно створене слово «лазер» є похідним від англійського «light amplification by stimulated emission of radiation» і означає основоположний процес «посилення світла шляхом індукованого випромінювання», що веде до генерації лазерного випромінювання. Про індуковане, або вимушене випромінювання писав ще Ейнштейн у 1905 р у зв'язку з законом випромінювання Планка: атоми під впливом зовнішнього випромінювання переходять у стан з меншою енергією та випромінюють при цьому електромагнітні хвилі. Але тільки в 1960 р вдалося залучити цей процес для генерації когерентного випромінювання. Отже, посилюване випромінювання пропускають через середовище, в якому за допомогою допоміжного випромінювання або іншим шляхом створюють надлишкову порівняно з рівноважною концентрацію атомів інших частинок або їх систем на верхніх енергетичних рівнях, що відповідають збудженим станам. Використовувані до того джерела світла — Сонце, лампи розжарювання та газорозрядні лампи — посиляють свої промені у всі напрямки простору з відносно невизначеною частотою, в той час як лазер, на відміну від них, випромінює добре сфокусований пучок з чітко фіксованою частотою. Ненаправлене випромінювання традиційних джерел світла є результатом статистичного спонтанного випромінювання збуджених атомів даного джерела. У лазера ж внаслідок індукованого випромінювання світла атомів пов'язується, утворюючи майже плоску світлову хвилю, з певною частотою. Напрямок поширення цієї хвилі визначається двома дзеркалами, розташованими паралельно уздовж поздовжньої осі лазерної речовини які утворюють так званий оптичний резонатор. Сьогодні відомі десятки тисяч самих різних лазерних переходів, що генерують випромінювання в діапазоні довжин хвиль від менше 0,01 мкм до 1000 мкм і покривають, таким чином, спектральні області м'якого рентгенівського випромінювання, ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного випромінювання, а також діапазон міліметрових хвиль. На відміну від

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
26						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		26

випромінювання звичайних джерел світла, лазерний пучок відрізняється наступними властивостями:

- незначною шириною спектральних ліній,
- гострою спрямованістю (малим кутом розбіжності),
- високою інтенсивністю випромінювання, або енергією пучка,
- здатністю до генерації надкоротких світлових імпульсів.

Мала ширина спектральної лінії пояснюється високою стабільністю частоти, монохроматичністю, або однобарвністю світла, а також хорошою часовою когерентністю. Гостра спрямованість лазерного пучка означає малу кутову ширину і пов'язана з високою просторовою когерентністю[12].

2.2.1 Оглядова характеристика типів лазерів

Лазери можуть визначатися на основі безлічі ознак, але найчастіше використовується наступна класифікація:

- твердотільні лазери,
- рідинні лазери,
- газові лазери,
- лазери на вільних електронах,
- інші.

Тобто за принципом агрегатного стану лазерної речовини. Серед твердотільних лазерів особливе значення мають класичні типи з оптичною накачкою, а також напівпровідникові інжекційні лазери. З рідинних виконань широко поширені поки тільки лазери на барвниках. Найважливішою проблемою при створенні лазера є збудження активного середовища, формування так званої інверсії населеностей, яка призводить до посилення світла. Енергія, необхідна для збудження активного

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
27						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

середовища лазера, може підводитися різними способами. Перший рубіновий лазер збуджувався шляхом опромінення світлом, що послужило прикладом для багатьох інших лазерів. Подібні пристрої називають лазерами з оптичною накачкою. За таким принципом можна створювати системи з накачуванням електронними променями або іншим корпускулярним випромінюванням. Не слід плутати їх з лазерами на вільних електронах, у яких самі електрони є лазерним середовищем. Гази можуть збуджуватися на основі подачі електроенергії, і тоді ми отримуємо клас газорозрядних лазерів. Пряме електричне збудження можливо із застосуванням напівпровідників, в результаті чого формується група інжекційних або діодних лазерів[12]. Отже, за способом збудження лазерної речовини виділяються наступні типи лазерів:

- 1.1. лазери з оптичним накачуванням (збудження за допомогою лампи-спалаху, лампи безперервного горіння, іншого лазера, світлодіода),
- 1.2. лазери з електронно-променевою накачуванням (представлені, наприклад, спеціальними типами газових та напівпровідникових лазерів),
- 1.3. газорозрядні лазери (наприклад, у тліючих розрядах, дугових розрядах, розрядах на порожнистих електродах),
- 1.4. інжекційні, або діодні лазери (з збудженням за рахунок проходження струму в напівпровіднику),
- 1.5. хімічні лазери (з збудженням на основі хімічної реакції),
- 1.6. газодинамічні лазери (з створенням інверсії населеностей шляхом розширення гарячих газів),
- 1.7. лазери з ядерним накачуванням (з збудженням за допомогою випромінювання з атомного реактора або в результаті ядерного вибуху).

Різні лазерні системи мають свої особливі властивості, причому вдосконалені лазери сучасного рівня характеризується, зокрема, наступними максимальними показниками: - діапазон довжин хвиль от 10 нм...1 мм - стабільність частоти 10¹⁵ - потужність лазерів безперервної дії 10⁶Вт - пікова потужність імпульсних лазерів 10¹³ Вт - максимальна інтенсивність імпульсних лазерів 10²⁰ Вт/см² - найменша тривалість імпульсу 10-15 сек. У режимі потужність випромінювання вказується у ватах. Стосовно імпульсного лазера можна навести кілька характерних параметрів: енергія імпульсу W (у джоулях), тривалість імпульсу t і часовий міжімпульсний інтервал T. Звідси можна обчислити максимальну пікову потужність P_{max}: P_{max}=W/t Для середньої потужності P отримуємо:

$$P = \frac{W}{T} = W f_p ,$$

де f_p – є частота повторення імпульсів. Різні лазери з урахуванням їх активного середовища класифіковані як газові, рідинні і твердотільні лазери. Найважливішими рідкими лазерними речовинами є фарбувальні розчини Лазери на склі розраховані переважно на електричний спосіб збудження за принципом газового розряду, виключаючи довгохвильові молекулярні лазери, які у більшості випадків передбачено для оптичної накачки лазерами CO₂. Твердотільні лазери і лазери на барвниках мають оптичну накачку з допомогою газорозрядних ламп або інших лазерів. Накачування найпопулярнішого з твердотільних виконань — лазера на алюмоітрієвому гранаті, легovanому неодимом (Nd: ІАГ), відбувається, наприклад, у безперервному режимі з допомогою дугових газорозрядних ламп з криптоновим наповненням, а в імпульсному режимі — за допомогою ксенонових ламп-спалахів. Лазери на барвниках найчастіше мають оптичну накачку з допомогою іонних лазерів на інертному газі або лазерів на ексимері. Інжекційні напівпровідникові лазери, що називають часто просто напівпровідниковими або діодними лазерами, утворюють особливий клас твердотільних лазерів. Тут має

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
29						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

місце пряме електричне збудження, тобто перетворення електричної енергії в світ без газового розряду. Завдяки такому безпосередньому перетворенню зазначені системи мають досить високий коефіцієнт корисної дії. Вони, крім іншого, відносно прості у виконанні і відрізняються компактною конструкцією. Недоліком комерційних діодних лазерів — у порівнянні з газовими та твердотільними пристроями є велика конусність пучка і значна спектральна ширина виведеного випромінювання, а також обмежений поки спектр світлового випромінювання — жовтий, червоний до інфрачервоного. Між тим, в Японії вже були успішно випробувані діодні лазери зеленою, синьою і ультрафіолетовою областями спектру. Вся видима і ультрафіолетова області спектра не можуть покриватися інжекційними напівпровідниковими лазерами. Якщо ж ці властивості не настільки важливі для конкретного застосування, то напівпровідникові лазери — завдяки своїй компактності і високому ккд — зазвичай вважаються кращими за всі інші типи. [12]

2.2.2 Перебудовані лазери

Всі лазери можуть перебудовуватися по частоті в межах певного діапазону f . Шляхом диференціювання рівняння $f c = \lambda$ отримуємо:

$$\frac{\Delta f}{f} = -\frac{\Delta \lambda}{\lambda},$$

де $\Delta \lambda$ є перебудовується діапазон довжин хвиль, а f і λ показують середню частоту і відповідно, середню довжину хвилі. У класичного гелій-неонового лазера ширина смуги частот становить близько $\Delta f = 10^9$ Гц при центральній частоті порядку $f = 5 \cdot 10^{14}$ Гц. Відносний діапазон перебудови досягає, таким чином, $\Delta f / f = 2 \cdot 10^{-6}$. Взагалі, про перебудовуваний лазер у вузькому сенсі можна говорити лише в тому випадку, коли $\Delta f / f$ показує значно ширший діапазон: $\Delta f / f = |\Delta \lambda / \lambda| = \text{от } 10^{-2} \text{ до } 10^{-1}$.

З існуючих на даний час перебудовуваних лазерних систем найпоширенішими вважаються лазери на барвниках. На основі різних фарбувальних розчинів може генеруватися ультрафіолетове, видиме і інфрачервоне випромінювання з

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
30						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

довжиною хвилі від 0,3 до 1,5 мкм. Діапазон перебудови знаходиться на рівні приблизно $\Delta f / f = 5 \dots 15 \%$. Лазери на барвниках можуть мати оптичну накачку з використанням лампи-спалаху. Проте випромінювання більш високої якості досягається при збудженні з допомогою твердотільних або газових лазерів, так що в результаті виходять пристрої комбінованого типу[12].

Подібним чином конструюються і лазери на центрах забарвлення, рекомендовані, насамперед, для ближнього ІЧ-діапазону до 3 мкм. В якості лазерного середовища тут знаходить застосування кухонна сіль та інші кристали галогенідів лужних з різними домішковими центрами. Оскільки деякі барвники і центри забарвлення часом не дуже стійкі в якості лазерних речовин, розробляються твердотільні лазери з використанням оксидних і фторидних кристалів, легованих іонами різних металів. Найвідомішим з таких лазерів є титан-сапфіровий (Ti, Al₂O₃), що має широкий діапазон перебудови від 700 до 1050 нм і більш високий коефіцієнт корисної дії, ніж лазер на барвнику. У ближньому ІЧ-діапазоні вище 700 нм подібні твердотільні лазери практично витіснили лазери на барвниках і лазери на центрах забарвлення. Слід, однак, відзначити, що досі не існує лазера такого типу для видимої області спектра. В якості перебудовуваних джерел для ультрафіолетової області спектра пропонуються лазери на ексимері, що мають, досить малі відносні діапазони перебудови — до 1 %. Для отримання більш широких діапазонів пропонується звернутися до довгохвильових перебудовуваних лазерів, що допускають подвоєння частоти. Існують і інші способи ефективного перетворення частоти. Для середнього і далекого ІЧ-діапазонів рекомендуються молекулярні лазери, численні лінії яких дозволяють здійснювати перебудову в переривистому режимі — від лінії до лінії. При високих тисках має місце сильне уширення ліній, так що вони накладаються один на одного, що в підсумку забезпечує безперервну перебудову. Напівпровідникові лазери можуть перебудовуватися шляхом зміни струму збудження або варіювання температури, причому досягається перебудова в діапазоні від 0,1 до 1 %. За допомогою лазерних діодів з різних матеріалів або систем з домішковими кристалами вдається покрити діапазон від 0,38 до 30 мкм[12].

2.3 Класифікація лазерних рівнів

Оптичні рівні класифікують за наступними ознаками:

- За типом вирівнювання;

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
31							31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

- За кількістю площин на які проектується промені;
- За типом випромінювачів;
- За областю використання.

Класифікація рівнів за типом вирівнювання:

- Ручне вирівнювання;
- З самовирівнюванням;
- Комбіновані.

Оптичні рівні з ручним типом вирівнювання повинні налаштовуватись користувачем використовуючи пухлякові рівні які частіше за все вбудовані в корпус рівня. Точність в даному випадку буде залежати від якості циліндричного рівня та зору користувача. Точність таких рівнів приблизно 3мм на метр. До переваг такого типу можна віднести дешевизну, а до недоліків складність та тривалість налаштування. Представниками цього типу є відчизняний Dnipro-M ML-230 та німецький Bosch Professional 0603663C01.

Лазерні рівні з самовирівнюванням відрізняються механічним вирівнюванням з маятником та лазерним випромінювачем закріпленим на маятнику. Маятник при встановленні виконує коливання та вирівнюється під впливом власної ваги. Його особливістю є те, що він збирає інформацію з датчиків про положення рівня та вирівнює промінь строго горизонтально. Представником цього типу є японський Yato YT-30425.

Лазерні рівні з комбінованим типом вирівнювання є комбінацією двох попередніх типів, наприклад з ручним вирівнюванням для вертикальної площини та електронним для горизонтальної.

Класифікація рівнів за кількістю площин на які проектується промені:

За типом площин на які проектується промені поділяються на: Однопроменеві, які діють лише в одній площині; Двопроменеві, які працюють в площині XZ; Трьохпроменеві, розраховані на функціонування в трьох площинах (X, Y, Z).

Класифікація рівнів за типом випромінювачів

За видом випромінювачів лазерні рівні поділяють на:

- Точкові;

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
32							32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

- Лінійні;
- Ротаційні.

2.3.1 Точкові лазерні рівні

Точкові рівні працюють як лазерна вказівка, направляючи промінь або декілька промінів, в залежності від кількості площин в яких працює рівень, на поверхні. В залежності від моделі можуть бути додаткові промені, що роблять простішою розмітку. Використовуються частіше за все в розмітці каркасів будівель. Представником є Bosch GPL 5 Professional з наступними характеристиками:

Кількість точок проекції – 5;

Діапазон самонівелювання - $\pm 5^\circ$ для продольної осі та $\pm 3^\circ$ для поперечної;

Клас лазеру – 2;

Характеристики діоду – 635 нм, < 1 мВт;

< 1 мВт; Робочий діапазон – 30 м; Захищеність від пилу та водяних крапель – за стандартом IP 5X. Bosch GPL 5 Professional зображений на рис. 2.7

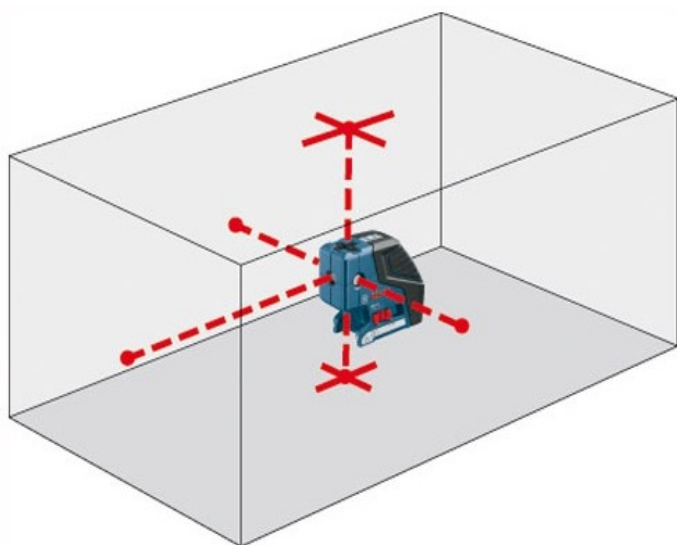


Рисунок 2.7. Точковий лазерний рівень Bosch GPL 5 Professional

. Також існує продвинутий різновид нівелірів який досягає найбільшої автоматизації за рахунок просторової модуляції випромінення. Приймачем в даному випадку слугує ПЗЗ-матриця, яка устанавлюється в площині зображення, яку створює зорова трубка. На рисунку 2.8 зображено зовнішній вигляд та оптична схема нівеліру DiNi фірми Trimble, США. ПЗЗ-матриця слугує для реєстрації та розпізнання кодової маски на нівелірній рейці. Зображення маски отримується за допомогою об'єктиву 1 в площині сітки ниток 7 і в площині фоточутливості поверхні приймача. Перевагами такої схеми є реалізація самоустановлювальні в горизонтальне положення лінії візирування, а також цифрова обробка інформації отриманої з ПЗЗ-матриці нівеліру DiNi фірми Trimble, США.5

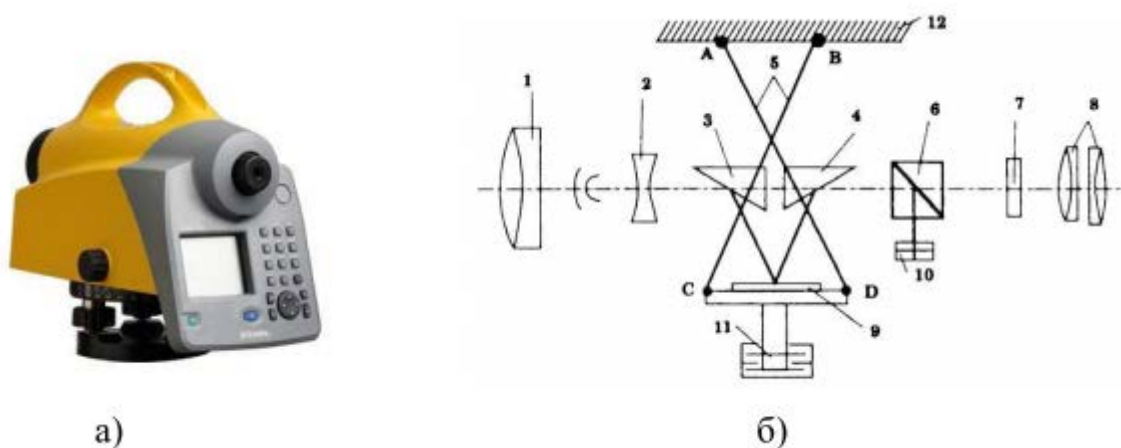


Рисунок 2.8. Нівелір DiNi фірми Trimble: а – зовнішній вигляд; б – оптична схема:

1 – об'єктив; 2 – фокусуюча лінза; 3,4 – призми; 5 – ниті; 6 – куб-призма; 7 – сітка ниток; 8 – окуляр; 9 – дзеркало-компенсатор; 10 – ПЗЗ; 11 – повітряний демпфер; 12 – корпус труби; А,В,С,Д – точки закріплення ниток.

2.3.2 Лінійні лазерні рівні

Все частіше для визначення відміток при інженерно-геодезичному вимірюванні використовуються лазерні нівеліри в яких лазерний пучок розщеплюється на два, один з яких розгортається в горизонтальній площині, а другий – напрямлений

перпендикулярно до нього, тобто вертикально. Таким чином при роботі приладу створюється видима горизонтальна площина та видимий прямовисний промінь. Для реєстрації лазерної площини використовують нівелірні рейки та рейки оснащені приймачем випромінювання. Більшість нівелірів для забезпечення стабільності положення лазерної площини забезпечені системою стабілізації просторового положення лазерного пучка. Таке конструкторське рішення дозволяє автоматично корегувати вплив зовнішнього механічного впливу, який виникає на будівельному майданчику. Хоча основним недоліком, який суттєво впливає на роботу таких пристроїв є вертикальний градієнт температур повітряного тракту.

Принцип роботи лінійних лазерних рівнів або крос-лайнєрів полягає в тому, що промінь від лазерного діода проходить через систему призм та розсіюється. В результаті отримується вузька смужка світла яка проєктується на площину в вигляді ліній та на площині виглядає як декартова система координат. До переваг такого рівня можна віднести зручність у порівнянні з точковими. Недоліками такого типу є те, що в них використовуються оптичні призми які розсіюють світло і це зменшує силу їх промінів що ускладнює роботу в сонячний день та при сильному освітленні, також вони коштують дорожче за точкові. Представником цього типу є Bosch GLL 3-80 Professional та має характеристики: Робоча температура – від -10°C до +40°C;

Робоча відстань – 40м без приймача та 80м з приймачем;

Клас лазеру – 2;

Характеристика діоду – 640 нм, < 1 мВт;

Діапазон самонівелірування - $\pm 4^\circ$;

Захищеність від пилу та водяних крапель – за стандартом IP 54.

Bosch GLL 3-80 Professional зображений на рис. 2.9.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
35						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35



Рисунок 2.9. Лінійний лазерний рівень Bosch GLL 3-80 Professional

2.3.3 Ротаційні лазерні рівні

Високої продуктивності під час нівелювання можна досягти за рахунок оптично-електронних систем з скануючими лазерними випромінювачами. Лазерний нівелір з обертовими елементами вперше запропонував Студебеккер Р.Х. в 1964р.

Сучасні лазерні нівеліри здебільшого оснащені напівпровідниковими лазерами, пучок випромінювання від яких формує слабозрозподіляючийся або ж перетворюють до вигляду віяла за допомогою циліндричної оптики. Для створення світлових площин або сектору лазерний пучок розгортають за допомогою скануючої голівки в вигляді дзеркального гальванометра або призми (дзеркала), яка обертається, установлених на валу електродвигуна. В лазерному нівелірі Geoplain, фірми AGA (Швеція) реалізований принцип рівносигнальної зони. Скануючий вузол нівеліру здійснює як розгортку лазерного променя з певною кутовою швидкістю, так і розчіплює його на дві складові, одна з яких складає з

горизонтальною площиною угол $-\epsilon$, а інша $+\epsilon$. При скануванні лазерні пучки частково перекривають один одного, завдяки чому формується оптична рівносигнальна зона (Рисунок 2.10 а).

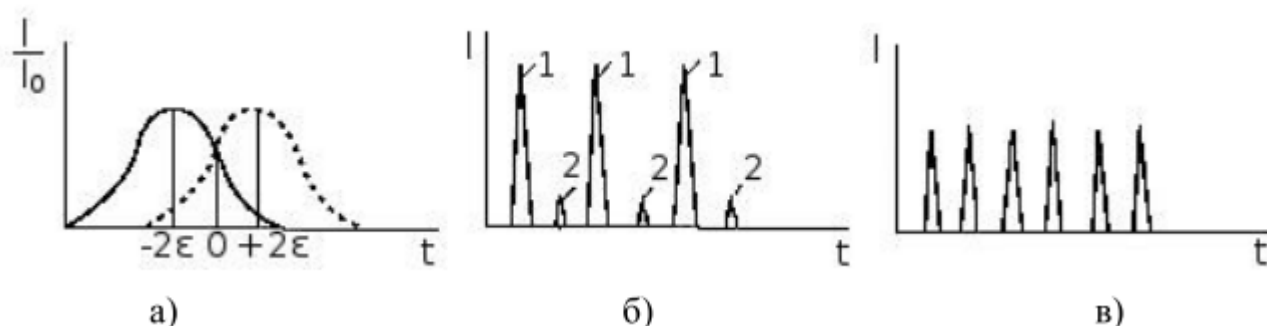


Рисунок 2.10 Співвідношення інтенсивностей лазерного випромінювача

Для визначення площини симетрії, використовують рейки з фотодетектором (Рисунок 2.11).



а)



б)

Рисунок 2.11. а) Ротаційний лазерний нівелір Topcon RL-H4C;

б) Фотоприймач Topcon LS-80L[9]

При поперечному зсуві приймача вздовж рейки нівелювання відносно рівносигнальної площини змінюється співвідношення інтенсивностей в пучках в пучках 1 та 2 (Рисунок 2.10.б). Зняття відліків здійснюється за шкалою нівелірної рейки за площиною, симетричне положення відповідає однаковій амплітуді

сигналу на приймачі (Рисунок 2.10.в). В дорожньому будівництві для організації контролю просторового положення органів техніки та геодезичного контролю виконаних робіт використовують приймачі, закріплені безпосередньо на працюючому органі машини (грейдера, екскаватора, бульдозера та ін.).

Похибка контролю лазерними нівелірами з фотоелектричним детектором досягає декількох міліметрів на відстані 100 м. Приймач (іноді його ще називають ресивером або пасткою) лазерного випромінювання представляє собою електронний пристрій розміром з пульт від телевізора або трохи більше. Головним елементом приймача є світлочутливий елемент, який має кілька зон чутливості, а центр його суміщений з нульовою отсечкой (рискоюю) на самому приймачу. Коли лазерний промінь потрапляє на світлочутливий елемент, приймач починає сигналізувати, в якому напрямку необхідно його переміщати (вгору або вниз), щоб поєднати лазерний промінь з нульовою рисою на приймачі. Саме від цієї ризику і ведуться всі розмічальні роботи. З кожного боку приймача зазначено відстань до цієї самої ризику.

Сигналізація, в залежності від моделі приймача, може бути у вигляді індикації світлодіодів або підказок (стрілок) на дисплеї. Як правило, додатково відбувається ще й звукова індикація, яка зручна, коли приймач закріплений на нівелірної рейки, а при бажанні / необхідності може бути відключена в будь-який час. Приймачі та нівеліри в залежності від виробника можуть бути налаштовані на різну робочу частоту, а це означає, що приймач одного виробника навряд чи буде працювати з нівеліром іншого виробника. Ще однією особливістю приймачів лазерного випромінювання є розмір чутливого елемента - чим він більший, тим легше буде вловити площину лазерного променя на великій відстані від приладу. Бувають приймачі, захищені від попадання пилу і вологи, а також стійкі до падінь і ударів.

В ротаційних лазерних рівнях світлодіодне джерело розташоване на роторі який завдяки обертанню навколо своєї осі проектує площину. Довжина променя в таких рівнях може досягати декількох сотень метрів що дозволяє створити загальний горизонт на робочій площадці. До недоліків такого типу можна віднести те що його представники є найдорожчими з моделей представлених на ринку. Одним з представників цього типу є Bosch GRL 300 HV SET який має наступні характеристики:

Робоча температура – від -10°C до +50°C;

Робоча відстань – 60м без приймача та 3000м з приймачем;

Клас лазеру – 3R;

Характеристика діоду – 640 нм, < 1 мВт;

Діапазон самонівелювання: - $\pm 5^\circ$;

Захищеність від пилу та водяних крапель – за стандартом IP 54.

Швидкість обертання – 150, 300, 600 об/хв.

Bosch GRL 300 HV SET зображений на рис. 2.12

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
39							39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			



Рисунок 2.12. Ротаційний лазерний рівень Bosch GRL 300 HV SET

2.4 Класифікація лазерних рівнів за областю використання

- Лазерні рівні для використання в приміщенні;
- Рівні для використання на вулиці.

Для використання лазерного рівня в приміщенні найкращим вибором слугують моделі з червоним кольором через його контрастність на більшості поверхонь та має довжину хвилі близько 635nm.

Для використання на вулиці найбільш підходящим вибором є рівні з зеленим кольором лазера, що мають довжину хвилі близько 530nm.

Людське око може бачити усі кольори веселки від фіолетового до червоного. Але око не має можливості бачити усі кольори однаково добре. Також вдень та вночі око краще сприймає той чи інший колір. Його чутливість коєблється від 498 до 544 вночі та вдень відповідно. Це пов'язано з роботою палочок та колбочок

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
40							40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

розташованих в очі. Колбочки – один з фоторецепторів, розташованих в очі та слугує для того щоб око було чутливе до світла та в середньому мають найбільшу чутливість на хвилях довжиною 544нм що відповідає границі жовтого та зеленого спектрів. Колбочки також відповідають за кольоровий зір, але їх світлочутливість не дає змоги розрізняти кольори при недостатньому освітленні, тобто вночі. Палочки – другий тип фоторецепторів який має найбільшу середню чутливість на хвилях довжиною 498нм, тобто на границі синього та зеленого кольорів, та забезпечують роботу ока вночі, коли колбочки не можуть працювати через брак світлової чутливості. Залежність ефективності сприймання оком кольору в залежності від часу доби зображено на рисунку 2.13.

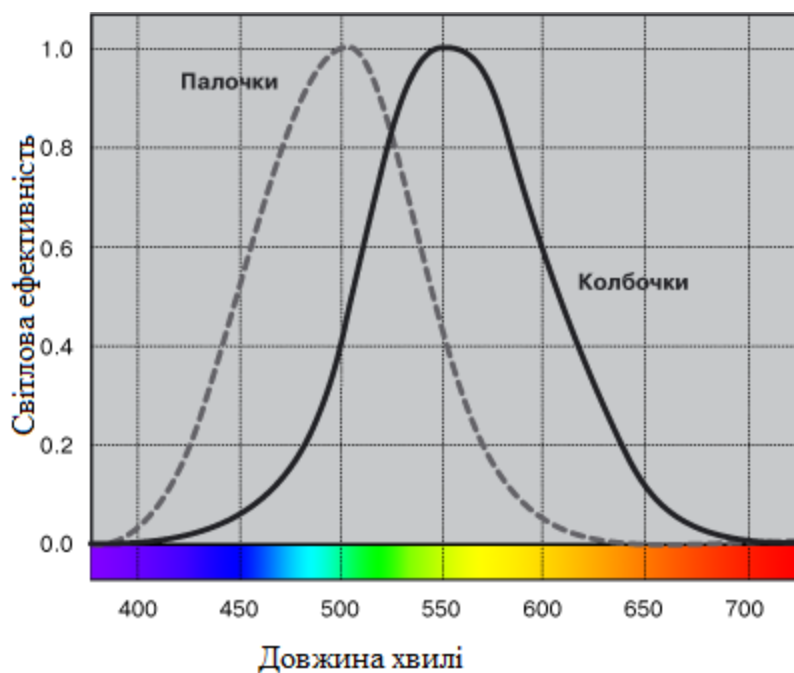


Рисунок 2.13. Залежність сприймання оком кольору від часу доби

Висновки до розділу 2

1. Для лазерних рівнів використовують другий клас лазерів через його безпечність.
2. Найбільший робочий діапазон мають ротаційні лазерні рівні.
3. Оптимальним для моєї моделі вважаю лінійний лазерний рівень через його відносну дешевизну та достатні характеристики для мого завдання.
4. Оптимальним кольором лазерного променя є зелений, так як і палочки і колбочки мають найбільшу чутливість на границях зеленого спектру, тобто при однаковій потужності лазеру око краще розпізнає зелений колір, тому людське око краще бачить лазер даного кольору, але має недолік в тому що на кольорах близьких до зеленого – жовтий та синій гірше розпізнається оком ніж червоний. Єдиним значним мінусом є небезпечність лазера з зеленим кольором через його інтенсивність та більш високе фокусування, тому це створює складнощі при використанні лазерів без фільтрів що призводить до значної різниці в вартості цих приладів.
5. Червоний колір лазеру також має право на існування та використання, але його діапазон можливостей є менш універсальним ніж у зеленого.

3. Конструювання лазерного рівня

3.1 Будова лазерного випромінювача

Для лазерного випромінювача лазерний діод (будову зображено на рисунку 3.14), (зовнішній вигляд зображено на рисунку 3.15) вбудовують в корпус (зображено на рисунку) з фокусуючою лінзою та металевою конусною призмою за рахунок якої відбувається відбиття світла та розповсюдження його. За рахунок кута нахилу 45° світло відбивається під прямим кутом що дає змогу побудувати площину 365° . Лазерний модуль зображено на рисунку 3.16.

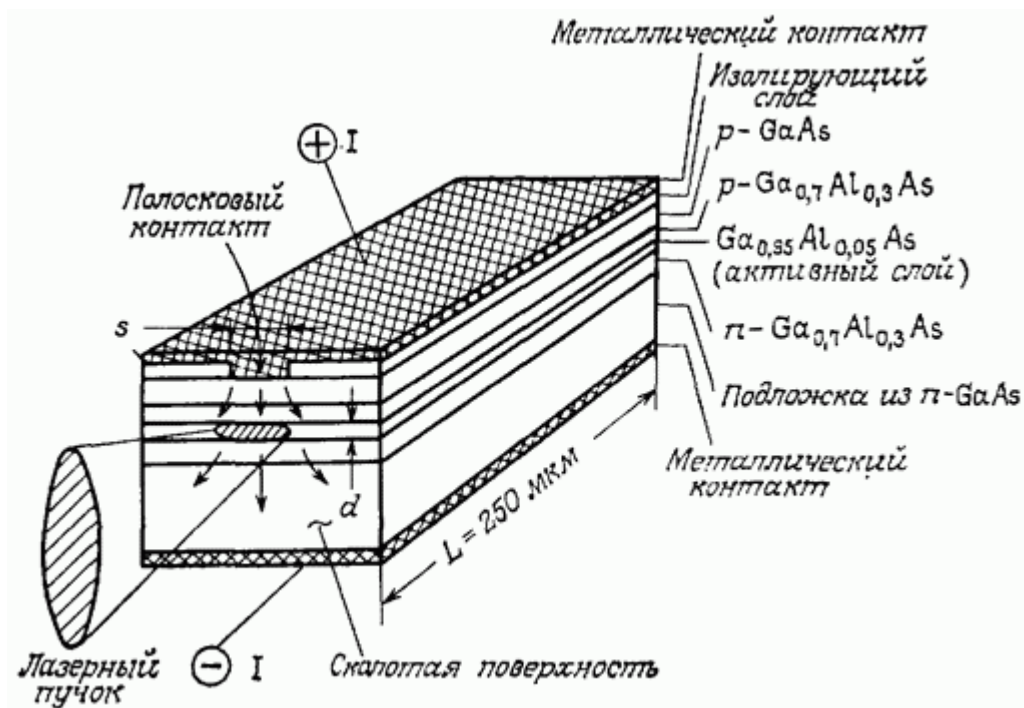


Рисунок 3.14. Будова лазерного діоду(зі збудженням за рахунок струму в напівпровідниках).



Рисунок 3.15 Зовнішній вигляд лазерного діоду

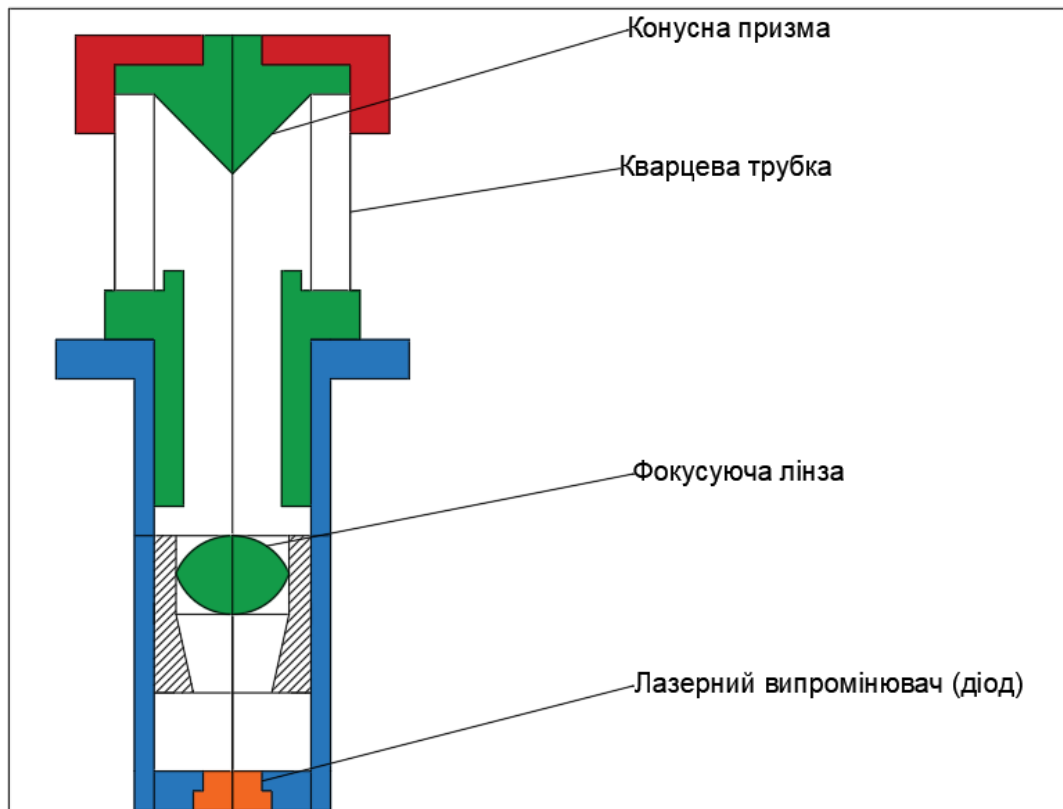


Рисунок 3.16 Будова лазерного модуля.

44																	ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат													44	

3.2 Розрахунок фокусної відстані для лінзи лазерного нівеліру

Розробка лазерного нівеліру потребує знань щодо ефективної фокусної відстані.

Інженерні розрахунки ведуться за наступними формулами:

$$\theta = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{x}{2L} \right) \quad [1],$$

де θ - віяловий кут пучка, x – необхідна відстань, L – робоча відстань у сантиметрах.

Віяловий кут пучка дозволяє розрахувати довжину лінії на заданій робочій відстані:

$$x = 2 \cdot L \cdot \tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad [2]$$

Ефективну фокусну відстань можна розрахувати знаючи радіус вхідного пучка за наступною формулою:

$$\frac{d}{2} = EFL \cdot \tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad [3],$$

де EFL – ефективна фокусна відстань.

Для мого лазерного модулю $d = 8$ мм, це впливає з середнього діаметру конусної лінзи при якому розходження променя в обидві боки буде однаковим.

Віяловий кут лазерного діоду (θ) = 15 мрад / 0.85°.

З формули [1] впливає що

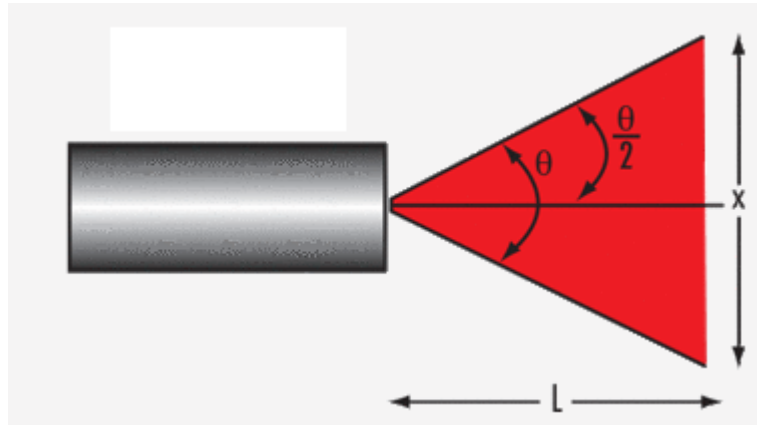


Рисунок 3.17. Наглядне зображення параметрів для розрахунку

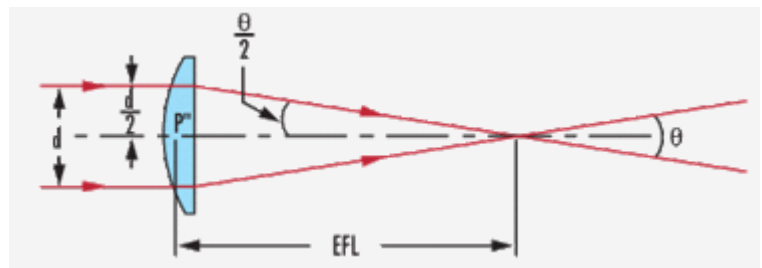


Рисунок 3.18. Додаток до рівняння ефективної фокусної відстані

$$EFL = \frac{d}{2 \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)} = \frac{8}{2 \cdot \tan\left(\frac{15}{2}\right)} = 30.38 \text{ мм.}$$

3.3 Будова лазерного модуля

Для початку розробки за основу було взято лазерний діод марки Thorlabs, з наступними характеристиками:

Довжина хвилі 532 нм;

Потужність – 1 мВт;

Робочій ток - 220 мА;

Дивергенція променя – 15 мрад / 0.85°;

Робоча напруга – 2 В.

Робоча температура - від -10 °С до 50 °С

Зовнішній вигляд якого зображено на рисунку . Розміри зображено на рисунку



Рисунок 3.19 зовнішній вигляд DJ532-10

Лазерний діод вбудовано в випромінюючий модуль з наступними розмірами:

Довжина – 70 мм;

Товщина стінок – 2 мм;

Конусна лінза - 16 мм;

Скло: товщина – 3мм, довжина – 20 мм.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
46							46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Креслення лазерного діоду зображено на рисунку 3.20.

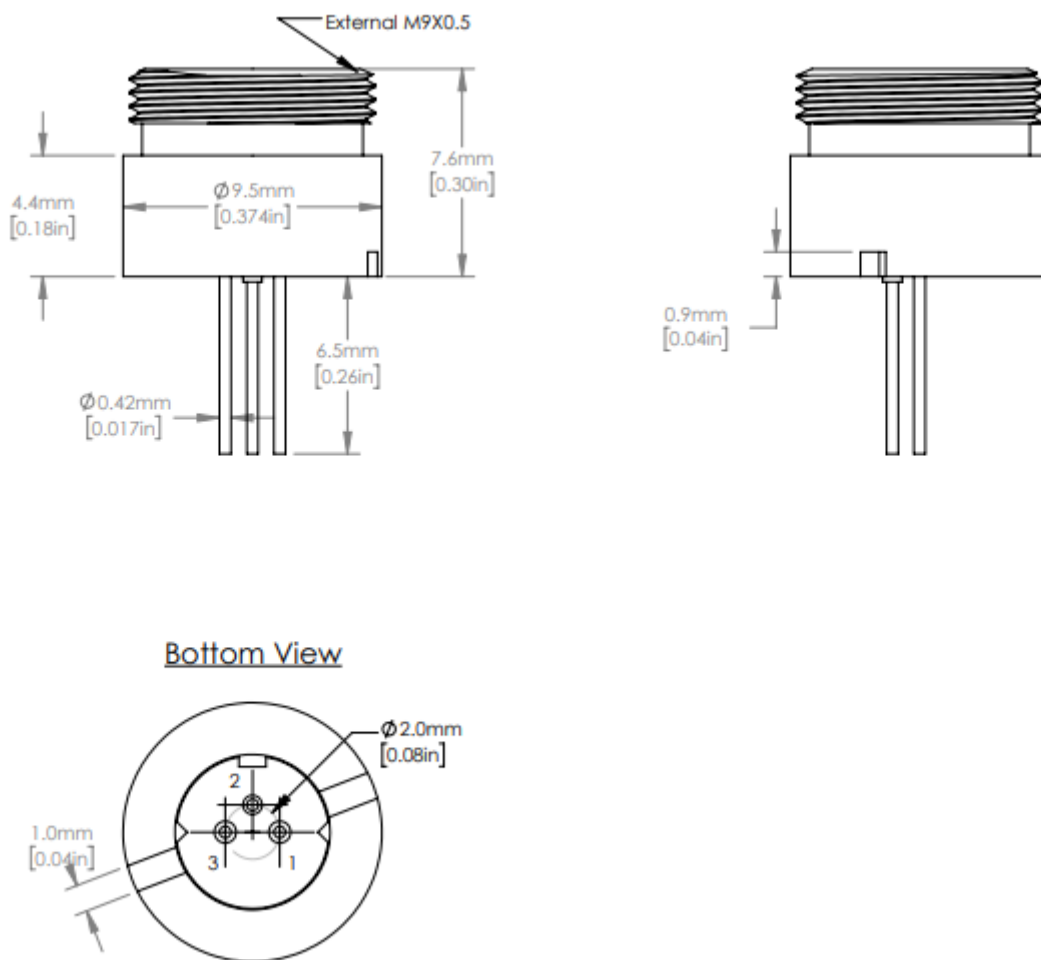


Рисунок 3.20 креслення лазерного діоду DJ532-10

Креслення лазерного модулю зображено на рисунку 3.21

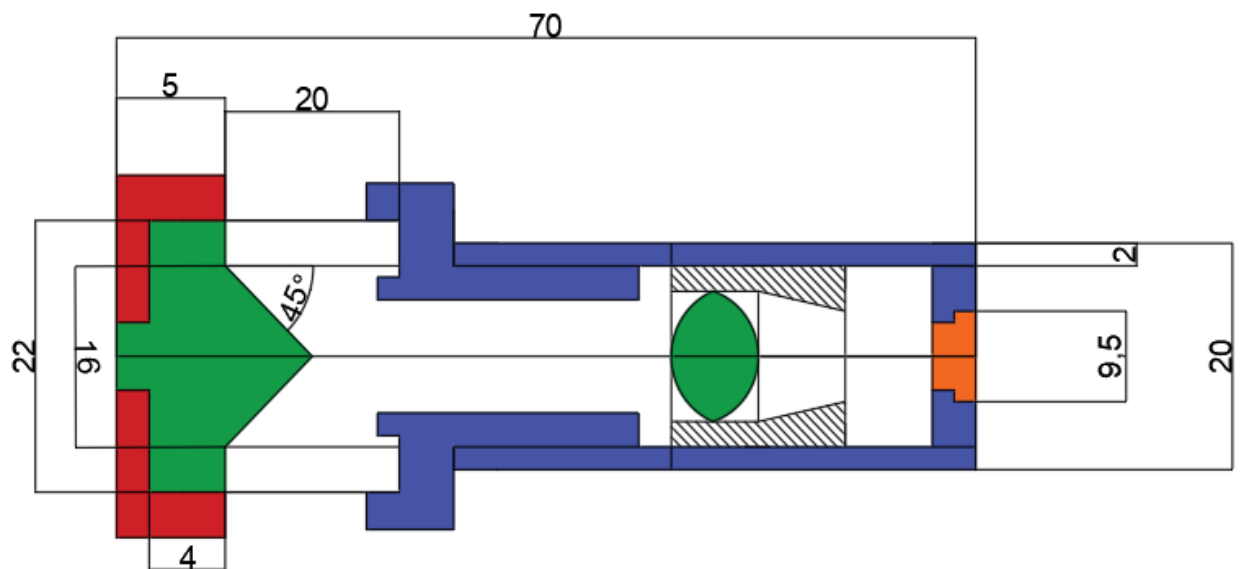


Рисунок 3.21 креслення лазерного модуля

3.4 Установка лазерних модулів

Для своєї моделі лазера я обрав 5 лазерних модулів 4 з яких розташовано навхрест в горизонтальній площині, а 5й напрямлен перпендикулярно вгору. Схему розташування зображено на рисунку , де ЛМ – лазерний модуль. Хрестовина виконана з АБС-пластику марки WR-9100. АБС-пластик (акрилонітрил бутадієн стирол, хімічна формула $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$) - ударостійка технічна термопластична смола на основі сополімера акрилонітрилу з бутадієном і стиролом (назва пластика утворене з початкових букв найменувань мономерів). Пропорції можуть варіюватися в межах: 15-35% акрилонітрилу, 5-30% бутадієну і 40-60% стиролу. Властивості даного пластику:

- Непрозорий. Може бути забарвлений будь-яким кольором.
- Нетоксичний при нормальних умовах.
- Довговічність в відсутності прямих сонячних променів і ультрафіолету.
- Вологостійкий.
- Кислотостійкий.
- Теплостійкість 103 °С.
- Широкий діапазон експлуатаційних температур (від -40 °С до +90 °С).
- Щільність 1.08 г/см³.

Основними критеріями які вплинули на вибір даного матеріалу є його ударовитривалість (ударна в'язкість за Ізодом (1/4 надрізу) = 98 Дж/м); довговічність; розповсюдженість (~10% від загальносвітових об'ємів виробництва пластиків), що добре впливає на можливість роботи фахівців з даним матеріалом.

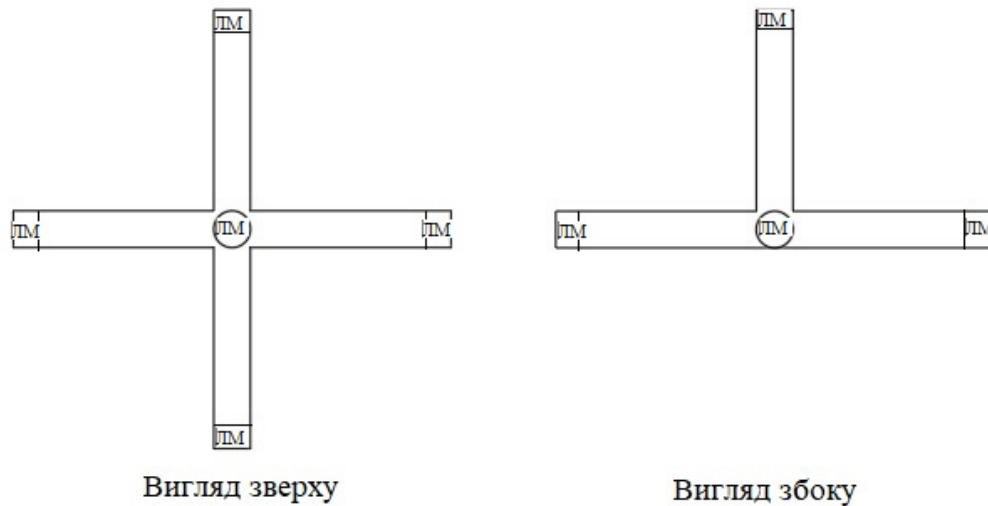


Рисунок 3.22. Розташування лазерних модулів

В якості додаткової міри запобігання ударам та ураженню конструкції був обраний процес зовнішнього вкриття перехрестя силіконом товщиною 2мм.

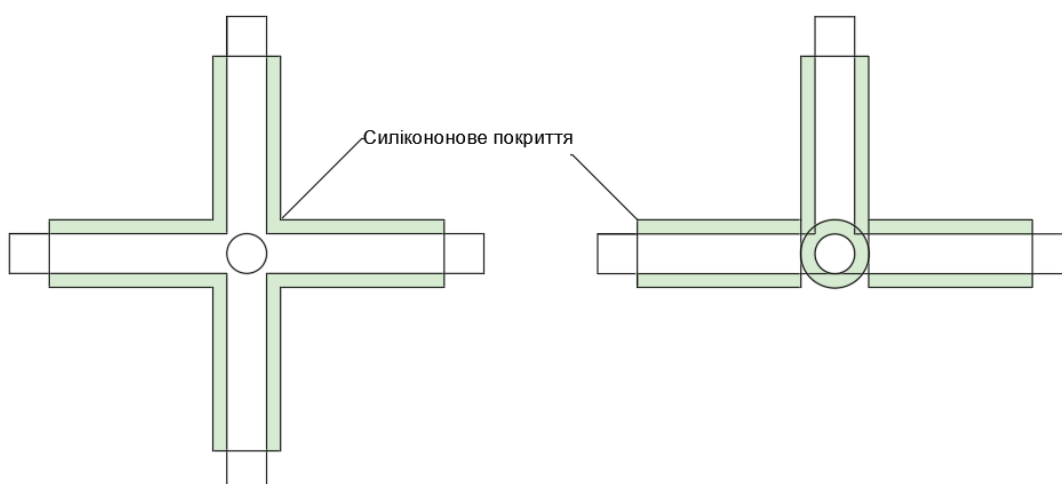


Рисунок 3.23 Перехрестя з силіконовим покриттям.

3.5 Компенсация позиционирования лазерных нивелиров

Для качественного использования будь-яких високоточних оптичних приладів та особливо нівелірів необхідно використання засобів позиціонування. Для цієї мети існує декілька методів позиціонування. Найпростішим з таких методів в лазерних нівелірах є використання спиртового рівня як орієнтиру та налаштування лазерного нівеліру в залежності від показників свого аналогу – спиртового рівня. Виконується таке регулювання за допомогою спеціального штативу на який закріплюється рівень та внаслідок зміщення положення ніжок штативу змінюється кут нахилу механізму відносно горизонталі. Штатив для лазерного рівня зображено на рисунку 3.24



Рисунок 3.24. Штатив для лазерного рівня.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
50							50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Другим засобом контролю положення лазерного рівня є контроль положення за допомогою регулюючих болтів. Для цього механізм закріплюється на болтах гладких з двох кінців які закріплені в корпусі. На цих болтах закріплена платформа з приладом. Внаслідок зміщення платформи відбувається позиціонування приладу в просторі та компенсація відхилення від лінії горизонту внаслідок нерівності будівельного майданчика чи інших факторів впливу. Регулюючі болти зображено на рисунку 3.25.

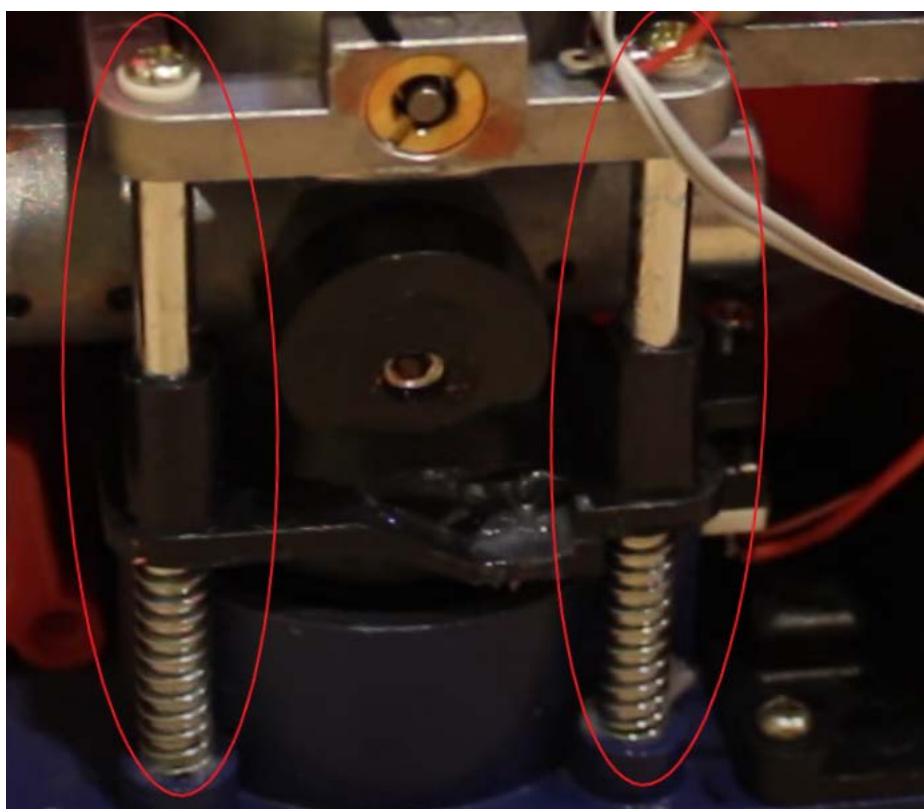


Рисунок 3.25. Регулюючі боти

Третім типом компенсації відхилення лазерного променя є маятниковий. Принцип роботи такого компенсатору засновано на роботі сили тяжіння. В такому компенсаторі вбудовано 3 підшипники кочення для збільшення свободи ходу. На платформу (1) встановлено підшипник кочення (4). В цей підшипник закріплено вал (2), в якому було зроблено 2 прорізи (3) в яких встановлено 2 підшипники, і в них закріплено 2 вали на які закріплено вантаж (5). Вантаж виконаний у кубічному

вигляді для отримання площини паралельній горизонту за рахунок рівномірно розподіленої ваги. Для скорочення часу самовирівнювання вантаж виконують з заліза, а під ним встановлено ніодімові магніти. Даний тип компенсатору зображено на рисунку 3.26.

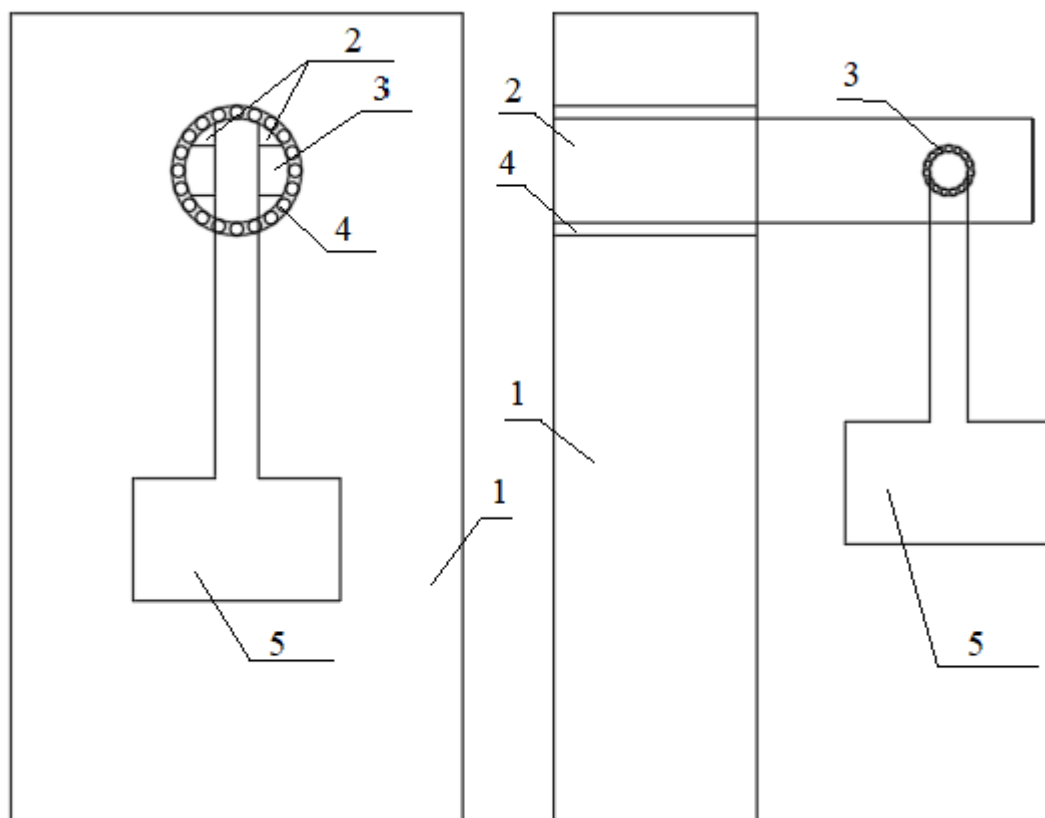


Рисунок 3.26. Механічний компенсатор кутових відхилень

3.6 Магнітний компенсатор коливань

Для компенсації кутових відхилень в разі неточної установки лазерного рівня я вирішив використовувати маятниковий компенсатор принцип якого було описано вище.

В моєму пристрою в 2 однакових пластинах розташованих одна навпроти одної встановлено підшипники на яких закріплено вал (за рахунок якого відбувається рух в площині X) в якому знаходиться поперечний поздовжній проріз

і перпендикулярно до нього скрізний круглий проріз в круглому прорізі знаходяться підшипники в яких закріплено вал (за рахунок якого виконується рух в площині Y). Зображено на рисунку .

Для врівноваження даної системи потрібно щоб центр мас співпадав з геометричним центром. Так як в даній конструкції використовується 4 однакових діоди тому центр мас співпадає з геометричним центром. І виходить що $m_1 = m_2 = m_3 = m_4$. Тому конструкція при зміні положення завжди буде намагатися зайняти горизонтальне положення.

Для зменшення часу врівноваження вирішено використати конструкцію з недимових магнітів. Навпроти кожного з магнітів на рис розташовано магніт з протилежним полюсом.

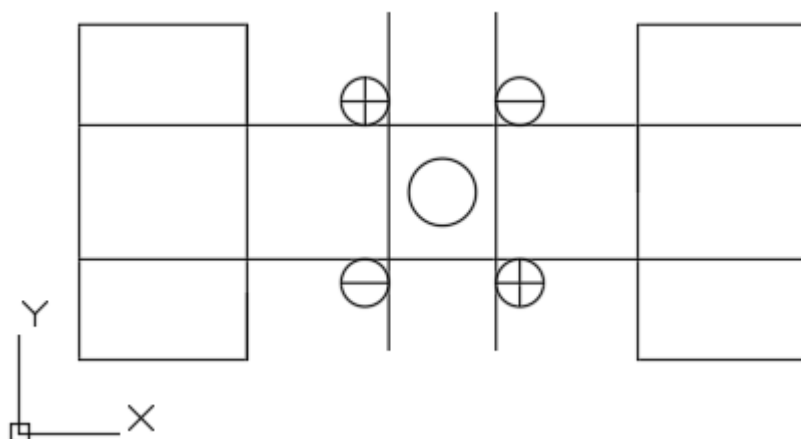


Рисунок 3.27 Схема маятникового компенсатора

3.7 Електрична схема

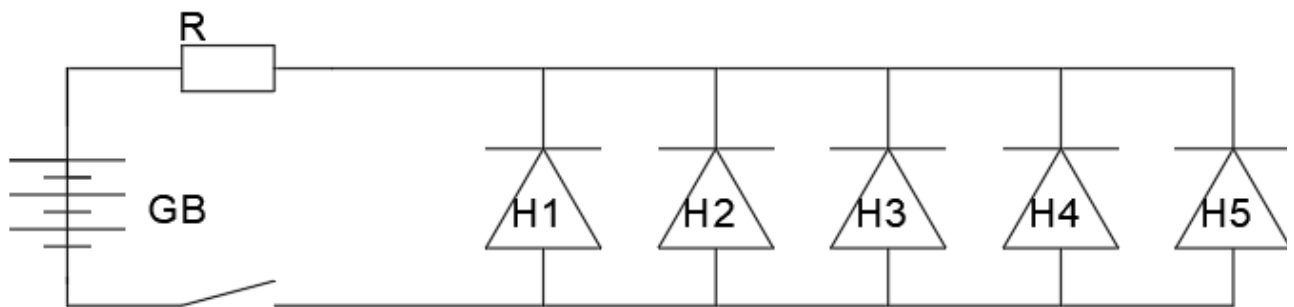


Рисунок 3.28 Електрична схема

Розрахунок електричної схеми:

Так як лазерні діоди розташовані паралельно то для них можна знайти загальний опір.

В даному випадку діоди однакові тому кожний з діодів має однаковий опір $R_{h1} = R_{h2} = R_{h3} = R_{h4} = R_{h5}$.

Загальний опір лазерних діодів $R_h = R_{h1}/n$, де n – кількість діодів.

$R_{h1} = U_1/I_1 = 2/0,22 = 0,11$ Ом, тоді

$R_h = 0,11/5 = 0,022$ Ом.

3.8 Розрахунок часу роботи від акумулятору

В якості акумулятора було обрано HZB2-50 на 2В з ємністю 50Агод з габаритами:

Довжина – 161 мм;

Ширина – 50 мм;

Висота – 166 мм;

Вага даного акумулятору складає 3,8кг.

Час роботи від акумулятору розраховується за наступною формулою:

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
54							54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

$$t = U * E / P[], [4] \text{де}$$

$$P = U * I; \quad [5]$$

E – ємність акумулятору;

U – напруга.

При паралельному під'єднанні $I = I1 + I1 + I3 + I4 + I5$, так як $I1 = I1 = I3 = I4 = I5$ тоді $I = I1 * 5 = 600 \text{ мА}$.

Тоді з формули [4] випливає що

$$t = 2 * 50 / 0,6 * 2 = 83,33 \text{ год.}$$

В результаті вийшло 83,33 годин, що є набагато кращім результатом за свої аналоги.

3.9 Розрахунок ослаблення лазерного променя в атмосфері

Для розрахунку величини поглинання лазерного випромінювання в атмосфері непридатні функції поглинання звичайного випромінювання, розраховані на широкі смуги випромінювання, що перекривають спектральні лінії поглинання. Як з видно з рис., Для розрахунку показника поглинання χ_p необхідно підсумувати значення χ_p

для всіх ліній, які збігаються з довжиною хвилі випромінювання лазера λ . Однак для

такого розрахунку треба знати з великою точністю наступні параметри лінії поглинання: стан її центральної довжини хвилі, ширину і інтенсивність лінії (зрозуміло, з такою ж точністю треба знати і довжину хвилі випромінювання лазера). В даний час відомостей про параметри ліній поглинання всіх газів, що входять до складу атмосфери, недостатньо, щоб можна було провести теоретичний розрахунок χ_p . Це пояснюється складністю (громіздкістю) теоретичного визначення параметрів ліній і їх величезним числом. Можна сказати, наприклад, що тільки у видимій і ближній інфрачервоній областях спектру є близько 100000 ліній поглинання. Визначення ж параметрів

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
55							55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

експериментальним шляхом вимагає унікальної апаратури з високим дозволом. Тому достовірні дані про коефіцієнт поглинання випромінювання лазера в даний час можна отримати експериментальним шляхом. Знаючи величину χ_p , можна розрахувати ослаблення випромінювання за рахунок поглинання за законом

$$I_L = I_0 \exp(-\chi_p L), \quad [6]$$

Бугера: [3], де I_L і I_0 - інтенсивності ослабленого і початкового випромінювання; L - довжина шляху поширення випромінювання в атмосфері.

Користуючись даними про χ_p , слід пам'ятати, що вони придатні лише для тієї метеорологічної ситуації, яка була під час експерименту. Якщо ж метеорологічна ситуація відрізняється лише концентрацією газу, то можна зробити перерахунок показника поглинання.

χ_p розраховується за наступною формулою:

$$\chi_p = 3,91 \frac{\gamma(\lambda)}{S_m} \quad [7],$$

де S_m – метеорологічна дальність видимості. Цей параметр може змінюватись в залежності від погодних умов;

$\gamma(\lambda)$ – коефіцієнт, який залежить від довжини хвилі, виду та розміру розсіюючих частинок. Для видимого діапазону спектру $\gamma(\lambda)=1$.

Показник поглинання для напівпровідникового типу лазерів $=0,0067$ на 1мм, поглинання викликається водяною парою.

З цих даних випливає що падіння інтенсивності випромінювання на 15м буде

$I_L = 1,233 * \exp(-x * L) = 1.115$, звідси випливає що падіння інтенсивності

$I_L - I_0 = 1.233 - 1.115 = 0.118$. Вт/см²

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
56						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.10 Механічний спосіб вимірювання енергетичних параметрів

Аналіз роботи можна зробити, використовуючи рівняння Ейнштейна $mc^2=Q$,

де m – маса тіла; c – швидкість світла; Q – енергія.

Кількість руху фотону дорівнює

$$mc=Q_{\phi}/c. [8]$$

Так як фотон падає на дзеркало, а потім відбивається від нього то зміна кількості руху дорівнює

$$2*mc=2*Q_{\phi}/c. [9]$$

Так, як зміна кількості руху дорівнює імпульсу сили, то

$$2mc=F_{\phi}\Delta t=2*Q_{\phi}/c.[10]$$

Таким чином в результаті дії фотону на дзеркало діє сила

$$F_{\phi}=2*Q_{\phi}/(c*\Delta t).[11]$$

Якщо помножити обидві частини рівняння на кількість фотонів в випромінненні, отримується вираз для сили, яка виникає при дії випроміннення з енергією $Q=NQ_{\phi}$.

$$F=2*Q/(c*\Delta t). [12]$$

Так як $Q/\Delta t$ є потужністю випроміннення, то $F=2*\Phi/c$, $\Phi=683$ -світловий еквівалент енергії на довжині хвилі, яка відповідає $\lambda = 0,532$ нм, що відповідає максимуму чутливості ока.

$$F=(2*683)/ 2,99*10^{-8}=0,45*10^{-5}\text{Н}$$

3.11 Розрахунок відстані на якій видно промінь від рівня

При роботі лазерного рівня важливим фактором є відстань на якій можна побачити промінь.

Потужність діоду $W=1$ мВт, сконцентровано в середині кута

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
57						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

$$\Omega = \pi \cdot a^2 [13]$$

На відстані R від випромінювача (діода) потужність випромінювання яка припадає на одиницю площини поверхні $= W / \Omega \cdot R^2$. Потужність світла яке потрапляє в око з відстані R дорівнює $W S_{\text{ока}} / (\Omega \cdot R^2)$, де $S_{\text{ока}}$ – площа зрачка ока, для людини $S_{\text{ока}} = 0,5 \text{ см}^2$. Якщо потужність сприйняття ока (w) перевищує потужність випромінювання тоді око бачить промінь. w для людського ока в темний час доби становить $w = 10^{-13}$

$$a = \lambda / D [14]$$

a – кут дивергенції

λ – довжина хвилі лазерного діода. Для мого випадку 532 нм

D – діаметр початкового пучка

$$a = 0.85$$

$w = (W \cdot S_{\text{ока}}) / \pi \cdot R^2$, звідси впливає що відстань

$$R = ((W \cdot S_{\text{ока}}) / (\pi \cdot w))^{1/2} [15]$$

Для оцінки відстані на якому буде видно відбите світло використана наступна формула

$$R = ((W \cdot S_{\text{ока}} \cdot S) / (w \cdot \pi \cdot \Omega \cdot \Omega_1))^{1/4} [16], \text{ де}$$

S – площа відбиваючої поверхні $= 0,2 \text{ м}^2$

$\Omega_1 = 1/400$ – додатковий множник який описує фокусировку відбитого променя

$$R = ((0.01 \cdot 0.5 \cdot 0.2) / (10^{-13} \cdot 3.14 \cdot (0.85)^2 \cdot 3.14 \cdot 1/400))^{1/4} = 140 \text{ м}$$

3.12 Розрахунок маси приладу

Для розрахунку маси приладу треба знати об'єм який займає кожен матеріал та знати густину матеріалів.

$$V_{\text{очн}} = V_{\text{opr}} \cdot 2 + V_{\text{duck}}$$

$$V_{\text{duck}} = 3.14 \cdot 85^2 \cdot 2.5 = 5674.625$$

$$V_{\text{opr}} = 43 \cdot 32 \cdot 5 = 688$$

$$V_{\text{очн}} = 6362.525$$

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
58						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$V_{\text{corp}} = V_{\text{korob}} + V_{\text{yx}} + V_{\text{x}}$$

$$V_{\text{korob}} = 60^3 - 57.5^3 = 2589.062$$

$$V_{\text{yx}} = 10 * 10 * 2.5 = 25$$

$$V_{\text{x}} = ((7.5 * 17^2) - (7 * 17^2)) * 5 = 722.5$$

$$V_{\text{corp}} = 2686.312$$

$$V_{\text{alp}} = 10 * 10 * 10 - (3.14 * 4^2 * 5.33) = 73.222$$

$$V_{\text{val50}} = 3.14 * 25 * 10 * 2 = 157$$

$$V_{\text{val20}} = 8 * (2.5)^2 * 3.14 - (2.5)^3 = 14.125$$

$$V_{\text{xrct}} = ((30 * 25 * 3.14) - (30 * 9 * 3.14)) * 5 = 753.6$$

Корпус та основа виготовлені з пластика густиною 1.06 г/см³

Вали, хрест та профіль виготовлені з алюмінію густиною 2.6889 г/см³

$$M_{\text{plast}} = (2686.132 + 6362.525) * 1.06 = 9591.57 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{al}} = (73.222 + 157 + 14.125 + 753.6) * 2.68 = 2674.4 \text{ кг.}$$

Маса 1 лазерного модуля - 75 г.

Маса акумулятора – 3.8 кг

Загальна маса приладу (без урахування дротів) =

$$(75 * 5) + 3800 + 2674.4 + 9591.57 = 16.440 \text{ кг.}$$

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
59						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		59

Висновки до розділу 3

1. В даному розділі було розглянуто будову лазерного діоду, проведено розробку модуля лазерного випромінювача.
2. Розглянуто методи та засоби корекції неправильного позиціонування лазерного рівня. В моєму проекті я буду використовувати магнітний компенсатор для зменшення часу самонівелювання.
3. Проведено розрахунок фокусної відстані, часу роботи приладу з обраним акумулятором, вагу приладу, ослаблення лазерного променя в атмосфері, фокусну відстань для лінзи в лазерному модулі та розглянуто спосіб вимірювання енергетичних параметрів.
4. Розроблено електричну схему

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
60						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		60

4.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Опис об'єкта для технологічного процесу

В даному дипломному проєкті розглядається прилад під назвою лазерний рівень, який зображено на рис. 1.

Найважливішим елементом надійної експлуатації приладу є точність встановлення лазерного модулю (4).

Пристрій встановлено на основу (3), в корпусі (2) який закріплено гвинтами. В двох металевих опорах, закріплених болтами знаходяться підшипники (11) за допомогою яких пристрій має вільність руху по осі У, в них кріпляться 2 вали (6), які з'єднані пайкою з алюмінієвим профілем (6), в цей профіль встановлено 2 підшипники (8) на яких закріплено 2 вали, припаяні др хрестової трубки за допомогою яких пристрій має вільність руху по осі Х. Також знизу конструкції встановлено електричний модуль до складу якого входять акумулятор та електросхема.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
61						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

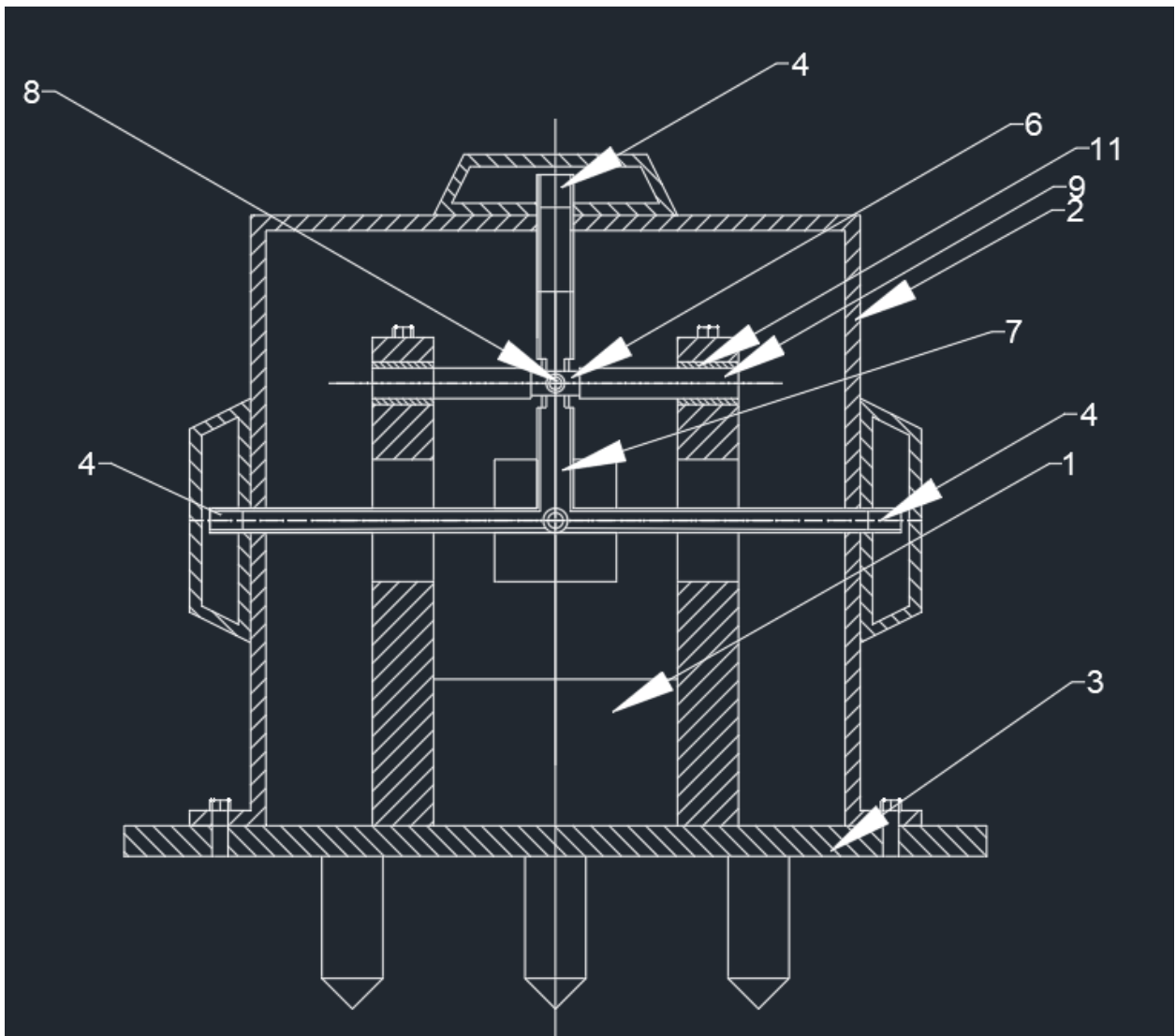


Рисунок 4.29 Лазерний рівень

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
62							62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

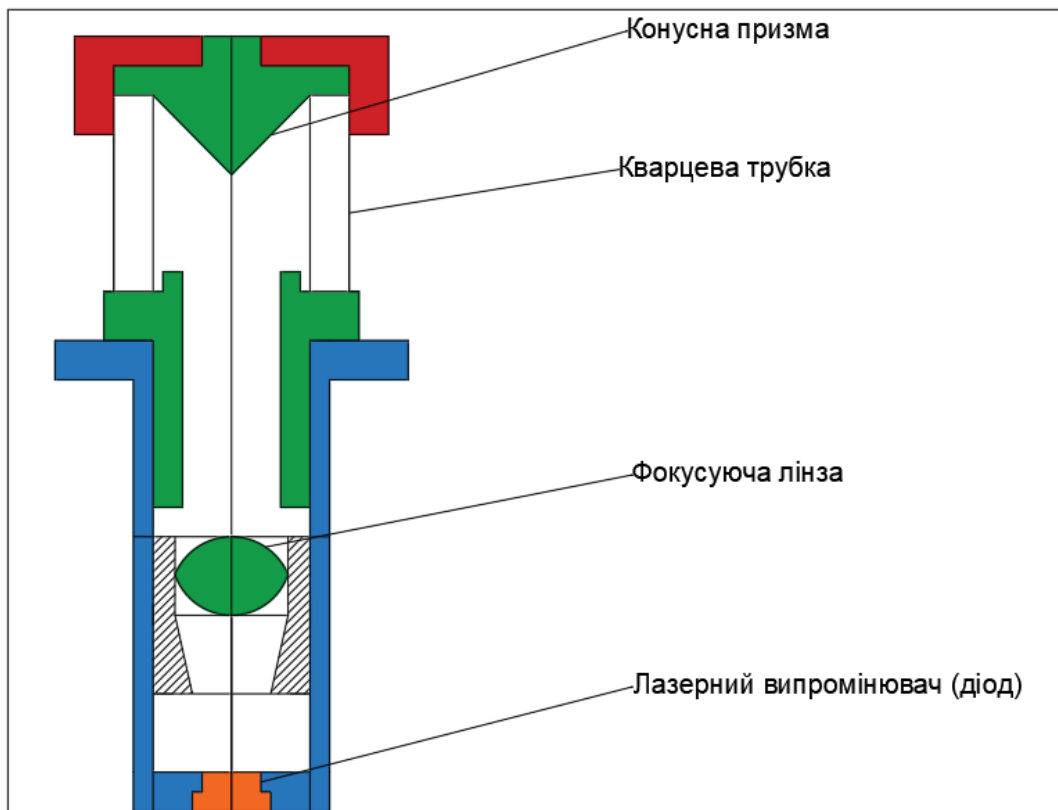


Рисунок 4.30 Лазерний модуль

Пристрій працює наступним чином. З електроблоку подається живлення на лазерний діод, встановлений в лазерному модулі, який через фокусуючу лінзу передає промінь на конусну призму яка має кут нахилу 45° через це промінь створює кут 90° з початковим в усіх напрямках і проєцює площину в робочій зоні. За допомогою 5 однакових лазерних модулів і побудованих ними площин виконується розмітка робочої зони. При неточному встановленні вступає в роботу механізм компенсації відхилів в якому геометричний центр співпадає з центром мас, тому він завжди прагне вирівнятись в горизонтальному положенні, що стає можливим через систему з валами та підшипниками.

4.2.Оцінка рівня технологічності

Розглянемо список уніфікованих та неуніфікованих вузлів, операцій та деталей.

ДП ПМ-61 05.000.ПЗ					63
63					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	

Таблиця 4.6 – Список вузлів

№	Список вузлів	Кількість	Примітка
1	Електричний блок	1	Неуніфікований
2	Механізм компенсації відхилів	1	Неуніфікований
3	Лазерний модуль	5	Неуніфікований

Таблиця 4.7 – Список операцій

№	Операція	Примітка
1	Комплектування	Уніфікована
2	Згвинчування	Уніфікована
3	Встановлення	Уніфікована
4	Пресування	Уніфікована
5	Контроль	Неуніфікована
6	Зварювання	Уніфікована
7	Втискання	Уніфікована

Таблиця 4.8 – Список деталей

№	Деталь	Кількість	Примітка
1	Кришка корпусу	1	Неуніфікована
2	Основа корпусу	1	Неуніфікована
3	Болт М5 х 10	4	Уніфікований
4	Гайка М5	4	Уніфікована
Електронний блок			
5	Акумулятор 2V	1	Неуніфікований
6	Контролююча схема	1	Неуніфікована
7	Гвинт М3 х 5	4	Уніфікований
Механізм компенсації відхилів			
8	Опора	2	Неуніфікована
9	Підшипник d50	2	Уніфікований
10	Підшипник d20	2	Уніфікований
11	Вал D50	2	Неуніфікований
12	Алюмінієвий профіль	1	Неуніфікований
13	Вал d20	2	Неуніфікований
14	П'ятикінцева хрестовина	1	Неуніфікована
15	Болт М5 х 35	4	Уніфікований
16	Гайка М5	4	Уніфікована
Лазерний модуль			
17	Корпус	5	Неуніфікований
18	Лазерний діод	5	Уніфікований
19	Фокушуюча лінза	5	Уніфікована
20	Скляна трубка	5	Неуніфікована

21	Конусна призма	5	Неуніфікована
----	----------------	---	---------------

4.3 Визначення основних показників технологічності

Абсолютний техніко – економічний показник трудомісткості виготовлення T_u виражається сумою нормо – годин, які були затрачені на виготовлення виробу $T_u = \sum_i T_i$, де T_i - трудомісткості виготовлення та дослідження i – тої складової частини виробу в нормо – годинах.

Рівень технологічності конструкції по трудомісткості виготовлення $K_{у.т.}$ визначається, як відношення досягнутої трудомісткості T_B до базового показника трудомісткості виготовлення $T_{Б.В.}$.

В прилад входить три складальні одиниці (Електричний блок $T_{i1}=3$, лазерний модуль $T_{i1}=5$ та механізм компенсації відхилів $T_{i3}=3$) і 3 деталі (корпус $T_i=1$, болт $T_i=2$, основа $T_i=1$).

За формулою (2.1) визначаємо абсолютний техніко-економічний показник трудомісткості виготовлення T_u :

$$T_u = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 3 + 5 + 3 + 4 = 15 \text{ (норм -годин).}$$

$$T_{Б.В.} = 18 \text{ н.год.:}$$

$$K_{у.т.} = \frac{T_B}{T_{Б.В.}}. \quad (2.1)$$

$$K_{у.т.} = \frac{15}{18} = 0.8333.$$

Попередній розрахунок $K_{у.т.}$ в процесі проектування приладу можна проводити по попереднім розрахункам трудомісткості виготовлення основних складових частин.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
65							65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Технологічна собівартість виробу C_T визначається як сума затрат на одиницю виробу:

$$C_T = C_M + C_3 + C_{ц.в.}, \quad (2.2)$$

де C_M – коштовність матеріалів, затрачених на виготовлення виробу;

C_3 – заробітна платня працівників з нарахуваннями;

$C_{ц.в.}$ – цехові затрати, які включають в себе затрати на електроенергію, яку споживає обладнання, на ремонт та амортизацію обладнання, інструменту, на змащуючи, охолоджуючі, обтирочні та інші матеріали, які передбачені процесом виготовлення виробу.

Для збірки та встановлення лазерного модуля, механізму компенсації відхилів та електричного блоку необхідна достатня кваліфікація – тому плата за годину роботи складає 300.

Витрати на електроенергію виходять з системи контролю позиціонування яка споживає 300 Ватт за годину + освітлення 400 Ватт за годину, ціна на електроенергію становить 90 коп за 1 кВт на годину.

З цього можна зробити висновок що споживання за гдину становить 700 Вт за 15 годин буде $= 700 * 15 = 10,5$ кВт що коштує $= 10,5 * 0,9 = 9,45$

$$C_3 = 300 * 15 = 4500$$

$$C_{ц.в.} = 9,45$$

$$C_T = 2500 + 4500 + 9,45 = 7000,45$$

Рівень технологічності конструкції по технологічній собівартості визначається, як відношення досягнутої собівартості виробу C_T та технологічної собівартості базового виробу $C_{б.т} = 10000$ грн.:

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
66						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$K_{p.c.} = \frac{C_T}{C_{б.т.}}. \quad (2.3)$$

$$K_{p.c.} = \frac{7000,45}{10000} = 0,7$$

Попередній розрахунок $K_{p.c.}$. В процесі проектування виробу можна виконувати за приближеними розрахунками собівартості основних складових частин.

4.4 Додаткові показники технологічності

Показник відносної складності: Визначається коефіцієнтом збірності конструкції $K_{ск.}$, який ураховує ступінь розчленованості всієї конструкції виробу на складальні одиниці N і деталі n .

$$K_{ск.} = N / n$$

Чим більший цей коефіцієнт, тим більше виріб є технологічним, оскільки в такому випадку легше виконувати складання за рахунок паралельності складальних операцій на уніфікованих і спеціалізованих робочих місцях, легше виконувати контроль, нижча собівартість. Порівняльний аналіз можна вести з орієнтовних цифр:

$K_{ск} < 0,1$ технологічність низька.

$K_{ск} = 0,1 - 0,2$ технологічність задовільна.

$K_{ск} > 0,2$ технологічність добра.

$$K_{скл} = \frac{N_{\Sigma}}{n_{\Sigma}},$$

Де $N_{\Sigma} = 3$, кількість вузлів

$$n_{\Sigma} = 61,$$

$$K_{ск} = 3/61 = 0.049$$

$K_{ск} < 0.1$ – технологічність низька.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
67						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		67

Показник уніфікації виробу:

Під уніфікованими складальними одиницями та деталями розуміють широко застосовувані, нормалізовані елементи, куповані та стандартні. Порівняння ведуть за таких умов:

$K_{yn} < 0,25$ технологічність низька.

$K_{yn} = 0,25 - 0,5$ технологічність задовільна.

$K_{yn} > 0,5$ технологічність добра.

$$K_{yn} = \frac{N_{yn} + n_{yn}}{N_{\Sigma} + n_{\Sigma}}, \text{ де}$$

N_y - 0, кількість уніфікованих вузлів виробу;

$n_y = 34$, кількість уніфікованих деталей виробу.

$$K_{yn} = (0 + 34) / (3 + 61) = 0,53$$

$K_{yn} > 0,5$ – Технологічність добра.

Коефіцієнт уніфікації по вузлам:

$$K_{yn.N} = \frac{N_{yn}}{N_{\Sigma}}, \text{ де}$$

N_{yn} - число всіх уніфікованих складальних одиниць в схемі структурного складу;

N_{Σ} - - число всіх складальних одиниць на схемі структурного складу;

$N_{\Sigma} < 0.2$ – технологічність незадовільна;

$N_{\Sigma} = 0.2..0.4$ – технологічність задовільна;

$N_{\Sigma} > 0.4$ – хороша технологічність.

$$K_{yn.N} = 1/3 = 0.33 \text{ – технологічність задовільна.}$$

Коефіцієнт уніфікації по деталям:

Оцінюється за величиною:

$K_{yn} < 0,3$ технологічність низька;
 $K_{yn} = 0,3-0,6$ технологічність задовільна;
 $K_{yn} > 0,6$ технологічність добра.

$K_{yn} = n_y / n_{\Sigma} = 34 / 61 = 0.55$ – технологічність задовільна.

Коефіцієнт технологічності по уніфікації операцій: Цей показник характеризує технологічність виробу з погляду простоти освоєння його на виробництві за рахунок можливості застосування при його складанні раніше застосовуваних, добре освоєних і оснащених складальних процесів, які називаються в цьому разі уніфікованими, відомими в галузі. До таких процесів належать згвинчування, пресування, паяння, монтаж шарикопідшипникових опор, намотувальні процеси та ін. Технологічність аналізованого виробу за показником уніфікації застосовуваних процесів оцінюється коефіцієнтом застосування типових для галузі технологічних процесів:

$K_{yon} < 0,5$ технологічність низька;
 $K_{yon} = 0,5-0,75$ технологічність задовільна;
 $K_{yon} > 0.75$ технологічність добра.

$$K_{yon} = \frac{Q_{y/on}}{Q_{\Sigma/on}}$$

Де $Q_{y/on} = 5$ - кількість уніфікованих операцій

$Q_{\Sigma/on}$ = загальна кількість операцій.

$K_{yon} = 6/7 = 0.857$ – технологічність добра.

4.5 Комплексний показник технологічності

Комплексний показник технологічності конструкції характеризує не окремі часткові признаки технологічності, а характерну групу ознак технологічності конструкції.

Розрахунок проводиться за наступною формулою:

$$K_T = (K_{ск} + K_{ун} + N_{ун} + K_{yn} + K_{yon}) / 5$$

$$K_T = (0,049 + 0,53 + 0,33 + 0,55 + 0,857) / 5 = 0,4632.$$

З попередніх розрахунків видно що загальний коефіцієнт технологічності виробу є задовільним через те, що 2 показники технологічності добрі, 2 задовільні, та 1 низька.

4.6 Схема складального складу

Схема складального складу складається на основі аналізу конструкторської документації. За допомогою побудови таких схем можна визначити конструктивні та складальні елементи приладу, їх взаємозв'язок, також з їх допомогою можна уявити процес збірки. Схема представлена на Рис. 3.

4.7 Технологічна схема складання

Технологічною схемою складання називають схему, на якій зображена структура і послідовність складання виробу і його вузлів. Розпочинається гілка з базової деталі або вузла, як і кожна наступна, за які беруть складні деталі чи складальні одиниці нижчих ступенів складання. Слід також відрізняти базову деталь всього виробу від базових деталей гілок виробу. Складальний процес зображується на схемі зліва на право. Розглядаючи вітки складання складальної одиниці вищого ступеню складання приладу, схему повертають на 90 градусів за рухом за годинникової стрілки, а будуючи гілки складальних одиниць нижчих ступенів, які входять до складніших складальних одиниць нижчих ступенів, які входять до складніших складальних одиниць, додатково обертають у той самий бік. Знизу, на лінію складання подаються складальні одиниці нижчих ступенів складання та основні деталі приладу, а згори – стандартні та нормалізовані деталі. Послідовність складання, способи забезпечення з'єднань, зміст процесів регулювання, випробування та контролю визначає технологічна схема складання. Основні деталі і складальні одиниці зображуються на схемі праворуч від лінії складання по її ходу. Кріпильні деталі за допомогою яких кріпляться основні деталі та складальні одиниці, показують ліворуч від лінії складання по її напрямку.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
70						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		70

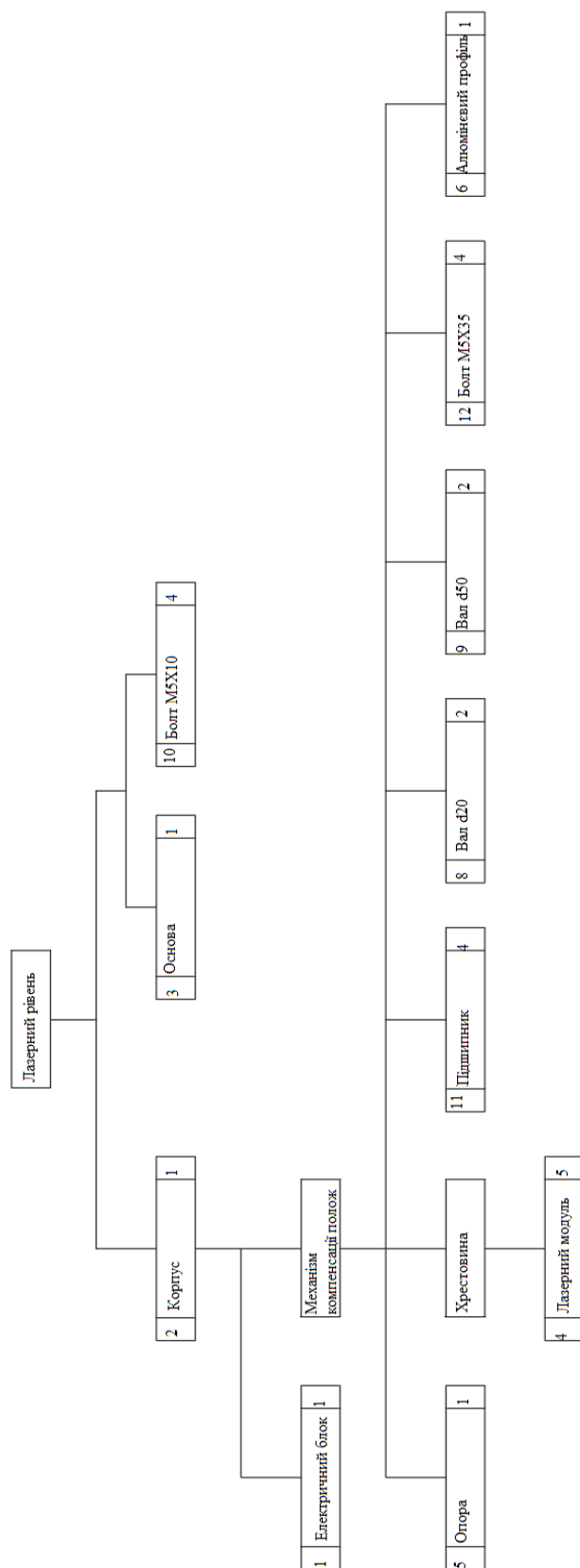


Рисунок 4.31 Складальна схема лазерного рівня

На виносних лініях роблять надписи, які викладені в технічних умовах на виріб. Кожний вузол з'єднувальних елементів, що сходиться на вітці, є складальною операцією технологічного процесу або її окремим переходом. Сюди ж вводиться позначення методу з'єднання елементів (пресування, загвинчування, тощо), який застосовується в даній операції. Якщо необхідно перевірити якість виконання складальної операції, ставиться додатково операція – контролювати. Схема сприяє аналізу конструкції приладу з технологічної точки зору та дозволяє вносити зміни у його конструкцію, які спрощують технологічний процес. Вона наочно зображує складальний процес та є основним документом, який фіксує ТП складання. Технологічна схема складання зображена на Рисунку 4.

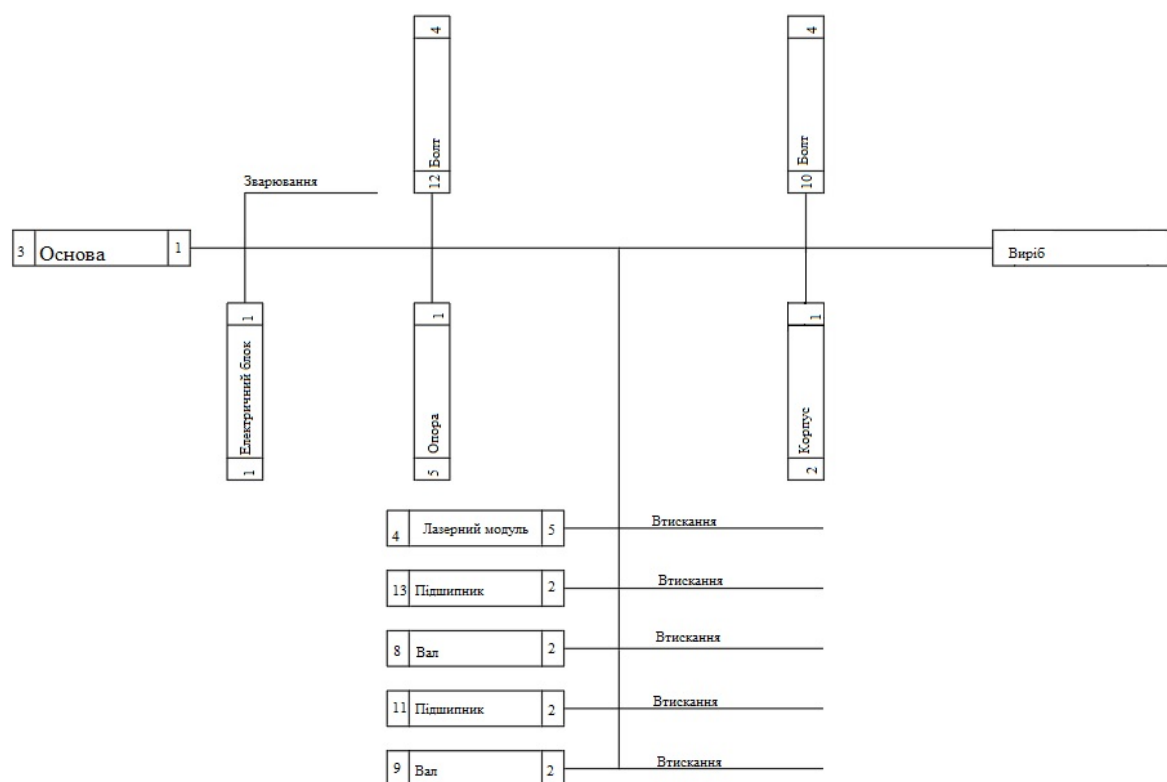


Рисунок 4.32 Технологічна схема складання

4.8 Розрахунок точності механоскладальних робіт

До конструкцій є вимоги по точності їх показників, точність яка забезпечується технологією виготовлення деталей, справедливим вибором принципової схеми, а також способом складання приладу. Головною ідеєю технологічності конструкції є взаємозамінність складальних одиниць та деталей.

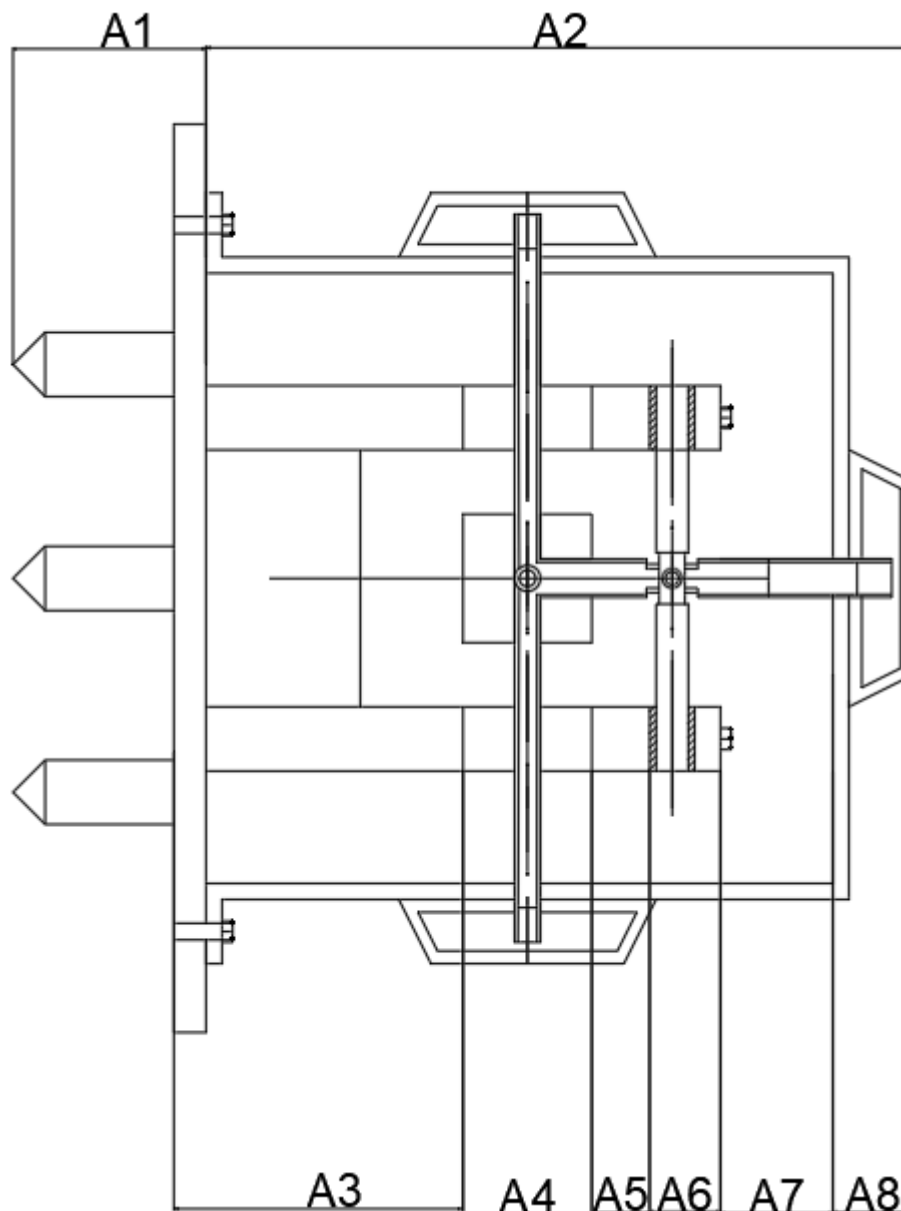


Рисунок 4.33 Лазерний рівень

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
73							73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Таблиця 4.9. Номінальні значення ланок розмірного ланцюга та їх допустимі відхилення.

Ланка	Номінальний розмір, мм	Допуск, мм	Середина поля допуску, мм	Тип ланки
A1	50	± 0.5	0	Збільшуюча
A2	675	± 0.5	0	Збільшуюча
A3	325	± 0.5	0	Зменшуюча
A4	100	+0.1	0,05	Зменшуюча
A5	50	-0.01	-0,005	Зменшуюча
A6	75	-0.01	-0,025	Зменшуюча
A7	100	+0.5	0,25	Зменшуюча
A8	50	+0.5	0,025	Зменшуюча

4.9 Координатний метод

Для знаходження номінальної ланки потрібно використовувати суму номінальних розмірів. Збільшуючий тип ланки-додає, зменшуючий – віднімає.

$$A_{\text{зам}} = (50 + 675) - (325 - 100 - 50 - 75 - 100 - 50) = 25 \text{ мм}$$

Координата середини поля допуску замикаючої ланки визначається так:

$$K_{\text{зам}} = (0 + 0 + 0) - (0,05 - 0,005 - 0,025 + 0,25 + 0,025) = 0,295 \text{ мм}$$

$$\sigma_{\text{зам}} = 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,1 + 0,01 + 0,01 + 0,5 + 0,5 = 2,62 \text{ мм}$$

Верхнє і нижнє відхилення розміру замикаючої ланки:

$$BV = K_{\text{зам}} + 0,5 \sigma_{\text{зам}} = 2,915 \text{ мм}$$

$$NB = K_{\text{зам}} - 0,5 \sigma_{\text{зам}} = 2,325 \text{ мм}$$

$$\text{Таким чином ланка } A_{\text{зам}} = 25 \begin{matrix} +2,915 \\ -2,62 \end{matrix}$$

Допуск замикаючої ланки імовірнісним методом. Вважаючи що закон розподілу складових розмірів ланцюга нормальний – поле розсіювання замикаючої ланки:

$$\delta_{\text{зам}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (\delta_i)^2} = 0,043^{1/2} = 0,207 (\text{мм})$$

Координата середини поля розсіювання визначається як:

$$\Delta K_{\text{замкн}} = \sum_{i=3}^3 (\Delta K_i + 0.5 a_i \sigma_i) - \sum_{i=5}^9 (\Delta K_i + 0.5 a_i \sigma_i) = (0 + 0 - 0.15) - (0.015 + 0 - 0.05 + 0.025 - 0.5) = 0.66 (\text{мм})$$

Верхня і нижня границі поля розсіювання замикаючої ланки дорівнюють

$$BV_{\text{зам}} = \Delta K_{\text{замкн}} + \sigma_{\text{зам}} / 2 = 0,66 + 0,207 / 2 = 0,7635$$

$$BV_{\text{зам}} = \Delta K_{\text{замкн}} - \sigma_{\text{зам}} / 2 = 0,66 - 0,207 / 2 = 0,525$$

При неповній взаємозамінності замикаюча ланка має наступний розмір

$$A_{\text{зам}} = 25 \begin{matrix} 0,7635 \\ 0,525 \end{matrix} \text{ мм}$$

4.10 Визначення фізичної (параметричної) взаємозамінності

При роботі лазерного рівня важливим фактором є відстань на якій можна побачити промінь.

Потужність діоду $W=1$ мВт, сконцентровано в середині кута $\Omega = \pi \cdot a^2$. На відстані R від випромінювача (діода) потужність випромінення яка припадає на одиницю площини поверхні $= W / \Omega \cdot R^2$. Потужність світла яке потрапляє в око з відстані R дорівнює $W S_{\text{ока}} / (\Omega \cdot R^2)$, де $S_{\text{ока}}$ – площа зрачка ока, для людини $S_{\text{ока}} = 0,5 \text{ см}^2$. Якщо потужність сприйняття ока (w) перевищує потужність випромінення тоді око бачить промінь. w для людського ока в темний час доби становить $w = 10^{-13}$

$$a = \lambda / D$$

a – кут дивергенції

λ – довжина хвилі лазерного діоду. Для мого випадку 532 нм

D – діаметр початкового пучка

$$a = 0.85$$

$w = (W \cdot S_{\text{ока}}) / (\pi \cdot R^2)$, звідси впливає що відстань

$$R = ((W \cdot S_{\text{ока}}) / (\pi \cdot w))^{1/2}$$

Для оцінки відстані на якому буде видно відбите світло використана наступна формула

$$R = ((W \cdot S_{\text{ока}} \cdot S) / (w \cdot \pi \cdot \Omega \cdot \Omega_1))^{1/4}, \text{ де}$$

S – площа відбиваючої поверхні $= 0,2 \text{ м}^2$

$\Omega_1 = 1/400$ – додатковий множник який описує фокусировку відбитого променя

$$R = ((0.01 \cdot 0.5 \cdot 0.2) / (10^{-13} \cdot 3.14 \cdot (0.85)^2 \cdot 3.14 \cdot 1/400))^{1/4} = 140 \text{ м}$$

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
75						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Похибка відстані може бути викликана відхиленням початкових параметрів.

$$S_{\text{ока}}=0,5 \pm 0.05 \text{ см}^2. W = 1 \pm 0.03 \text{ мВт}$$

$$a=0.85 \pm 0.01$$

Значення похибок взяті з технічних параметрів лазерного діоду, біологічної бібліотеки.

Так як зміна параметрів випадкова в межах допустимих норм то

$$R_{\text{пох}}=((dr/dS)/\sigma*K)^2+((dr/dW)/\sigma*K)^2+((dr/da)/\sigma*K)^2)^{1/2}$$

Часткові похідні по змінних параметрах представляються як

$$dr/dS_o=((W*S)/(w*Pi*\Omega*\Omega_1))^{1/4}=((0,01*0,2)/(10^{13}*3.14*(0.85)^2*3.14*1/400))^{1/4}= \\ =0,831 \text{ мм/см}^2$$

$$dr/dW=((S_{\text{ока}}*S)/(w*Pi*\Omega*\Omega_1))^{1/4}=((0.5*0.2)/(10^{-13}*3.14*(0.85)^2*3.14*1/400))^{1/4}= \\ 27,3 \text{ Вт/Квт}$$

$$dr/da=((W*S_{\text{ока}}*S)*(w*Pi*Pi*a^2*\Omega_1)/(w*Pi*Pi*a^2*\Omega_1)^2)^{1/4}=((0.01*0.5*0.2)/(10^{-13}*3.14*(0.85)^2*3.14*1/400)^2)^{1/4}=0,042^\circ$$

Припускаючи, що випадкові змінні розподілені по нормальному закону, для якого $K=1$, отримаємо похибку відстані на який видно промінь:

$$\sigma=((0,831)^2*(0,05)^2*(1)^2+(27,3)^2*(0.03)^2*(1)^2+(0,042)^2*(0.01)^2*(1)^2)^{1/2}=8,1926 \text{ см/10 м}$$

Отримана похибка складає

$$0.08\%$$

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
76							76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Висновки до розділу 4

1. В даному розділі було проведено оцінку технологічності приладу, розглянуто вузли, операції та список деталей виробу.
2. Визначено основні та додаткові показники технологічності.
3. Розроблено схему складального складу та технологічну схему складання.
4. Проведено розрахунок точності механоскладальних робіт
5. Застосовано координатний метод.
6. Проведено розрахунок відстані на якій видно промінь лазерного рівня, розрахунки на точність, визначено взаємозамінність.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
77						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		77

Висновки

1. В даній роботі було розглянуто різновиди рівнів, їх область використання, класифікацію.
2. Розглянуто класифікацію лазерів, лазерних рівнів.
3. Визначено що зелений колір найкраще підходить для використання рівня на відкритих ділянках, виключаючи ділянки вкриті травою та інші ділянки, які мають близький до зеленого колір, а також в темну частину доби. Червоний є менш універсальним за зелений, але має перевагу в більшій контрастності на кольорах близьких до зеленого – жовтий та блакитний.
4. Розглянуто характеристики різних типів лазерів, будову та принцип роботи інжекційного або діодного лазера.
5. На основі отриманих даних було обрано оптимальні складові приладу, розроблено лазерний модуль для рівня.
6. Проведено аналіз засобів контролю положення, представлено аналог механізму компенсації відхилів для кращого позиціонування та підвищення точності робіт.
7. Проведено розрахунки на час роботи від акумулятора та розрахунок відстані на якій можна побачити лазерний промінь від випромінювача (за умови поганого показника поглинання світла поверхнею) показники яких значно кращі за свої аналоги.
8. Визначено основні та додаткові показники технологічності. Розроблено схему складального складу та технологічну схему складання. Визначена взаємозамінність приладу.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
78						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		78

Література

1. ЛАЗЕРНА ТЕХНІКА Ю.М. КЛИМКОВ, М.В. ХОРОШЕВ:
<http://www.miigaik.ru/upload/iblock/5ee/5ee70d02887034adc11e67cee286392c.pdf>
2. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В.Ю. Храмов
3. Циліндричні лінзи [Електронна адреса]:
https://in-science.ru/library/article_post/cilindricheskie-linzy
4. Ямбаєв Х.К., Голигін Н.Х. Геодезичне інструментоведення. Навчальний посібник для вузів.-М.<<Юкис>>
5. Лазерні нівеліри. Режим доступа: [www.URL:http://psy.wikireading.ru/96694](http://psy.wikireading.ru/96694)
6. Давлетшина А.Д. Історія створення та сучасне виробництво нівеліра// Журнал “Молодой учёный” – 2017 – №3. с.193-194.
7. Лазерні нівеліри. Режим доступа: [www.URL: https://moluch.ru/archive/137/38287/](https://moluch.ru/archive/137/38287/)
8. Лазерні нівеліри. Режим доступа: [www.URL: https://www.nivelirsale.com.ua/article-nivelir-rotacionui](https://www.nivelirsale.com.ua/article-nivelir-rotacionui)
9. Topcon [Електронний ресурс]: topconpositioning.com
10. Цуккерман С.Т., Грідін А.С. Керування машинами за допомогою оптичного променя.
11. Bosch [Електронний ресурс]: Bosch.com.
12. Шмирьова Л.М. НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК «КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА» ЧАСТИНА 2 2019 с5
13. Рахманов Б.М., Чистов Е.Д. Безпека при експлуатації лазерних установок. М .: Машинобудування. 1981. 113 с.

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
79							79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Додатки

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
80						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		80



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

***XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та
молодих вчених***

"ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ"

13-14 травня 2020 р.
м. Київ, Україна

Збірник праць конференції



КИЇВ 2020

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ		
81							81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

УДК 621:537

Загальною метою конференції є спілкування студентів та аспірантів з питань перспективних розробок, нових рішень в приладобудуванні. Збірка містить 100 статей за результатами наукових та практичних досліджень з актуальних проблем автоматизації та приладобудування. Розраховано на аспірантів та студентів старших курсів з фаху «Автоматизація та приладобудування» і «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Адреса Оргкомітету конференції:
03056, Київ-56, пр. Перемоги, 37, корпус 1, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Приладобудівний факультет, 1720.

Рекомендовано до публікації на засіданні Організаційного комітету конференції та Вченої Ради ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №3/20 від 27.04.2020 р.).

Відповідальний редактор – С.Л. Лакоза – к.т.н., доц.
В авторській редакції.

Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ», 13-14 травня 2020р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – 395 с.

Видано на замовлення Приладобудівного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

					ДП ПМ-61 05.000.ПЗ	
82						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		82

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

1. Тимчик Григорій Семенович — д.т.н., проф., декан ПБФ
2. Колобродов Валентин Георгійович — д.т.н., проф., зав. кафедри ООЕП
3. Бурау Надія Іванівна — д.т.н., проф., зав. кафедри ПСОН
4. Антонюк Віктор Степанович — д.т.н., проф., в.о. зав. кафедри ВП
5. Киричук Юрій Володимирович — д.т.н., проф., в.о. зав. кафедри ПБ
6. Протасов Анатолій Георгійович — д.п.н., проф., зав. кафедри ПСНК
7. Єременко Володимир Станіславович — д.т.н., проф., в.о. зав. кафедри ІВТ
8. Защепкіна Наталія Миколаївна — д.т.н., проф. кафедри ІВТ
9. Туз Юліан Михайлович — д.т.н., проф. кафедри ІВТ

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

1. Лакоза С.Л. — к.т.н., заст. декана ПБФ з навч.-вих. роботи, голова комітету
2. Булавко Н.О. — студент ПБФ, заст. голови комітету, секція №9
3. Платов І.М. — студент ПБФ, секція №1
4. Линник К.В. — студентка ПБФ, секція №2
5. Соколова О.А. — студентка ПБФ, секція №3
6. Чашка М.О. — студент ПБФ, секція №4
7. Артемчук В.І. — студентка ПБФ, секція №5
8. Корнієнко К.В. — студентка ПБФ, секція №6
9. Складчиков І.О. — студент ПБФ, секція №7
10. Василюк В.В. — студент ПБФ, секція №8
11. Невгод Д.А. — студентка ПБФ, секція №10

ХІІІ Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Г.Ю. Строкач, студент гр. ПГ-61, асистент Сапегін О.М.

КУТОМІР НА ОСНОВІ МІКРОМЕХАНІЧНОГО ІНЕРЦІАЛЬНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО МОДУЛЯ	67
------------------------------------------------------------------------------	----

СЕКЦІЯ 2. ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

І.В. Горжій, студент гр. ПМ-61

СТАБІЛІЗАЦІЯ ОПТИЧНИХ ПРИЛАДІВ	72
--------------------------------------	----

О.Є. Гудзь, аспірант гр. ПО-91ф, д.т.н., професор Боровицький В.М.

ОПТИЧНІ МІКРОСКОПИ ЗІ СТРУКТУРОВАНИМ ОСВІТЛЕННЯМ	76
--------------------------------------------------------	----

Є.О. Захаров, студент гр. ПМ-61

ЛАЗЕРНІ РІВНІ	79
---------------------	----

СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРИЛАДІВ

O. Sokolova., Student, S. Vysloukh, PhD, Associate Professor

MODELING OF TITANIUM ALLOYS PROCESSING PARAMETERS	84
---------------------------------------------------------	----

O. Sokolova., Student, S. Vysloukh, PhD, Associate Professor

MODELING OF PARAMETERS OF THE MILLING OF PARTS FROM HEAT-RESISTANT STEEL	88
--------------------------------------------------------------------------------	----

Бельман О.І., студент групи ПБ-61, доц., к.т.н. Стельмах Н.В.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ НА БАЗІ ВІЗУАЛЬНОЇ СПЕКТРОМЕТРІЇ	92
-----------------------------------------------------------------------------------	----

О.С. Голодний, студент гр. ПБ-91мп

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА	95
--------------------------------------------------	----

О.В. Кирієнко, студент гр. ПБ-91мп

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВІТРОДВИГУНА	98
-----------------------------------------------------------	----

К.В. Крушинських, студент гр. ПМ-61, професор Гераїмчук М.Д.

ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВОК (СЛЯБІВ) В МЕТАЛУРГІЇ	101
---------------------------------------------------	-----

В.Ю. Марченко, студент гр. ПБ-81, к.т.н., ст. викладач Матвієнко С.М.

МЕТОДИ БЕЗДРОТОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ	105
-----------------------------------------------------------------	-----

І.В. Масненко, студент гр. ПБ-91мп, к.т.н., доц. Стельмах Н.В.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВНІ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИЛАДІВ	109
---------------------------------------------------------------------------------	-----

В.В. Потієнко студент гр. ПБ-61, асистент Волошко О.В.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕТАЛЕЙ ТА ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ	112
-----------------------------------------------------------------------------	-----

Д.М. Проскурєнко, студент гр. ПБ-61

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МАНІПУЛЯТОРАМИ	116
-----------------------------------------	-----

Д.М. Проскурєнко, студент гр. ПБ-61

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО МАНІПУЛЯТОРА	119
-------------------------------------------	-----

УДК 621.373

Є.О. Захаров, студент гр. ПМ-61

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЛАЗЕРНІ РІВНІ

Анотація. В даній статті розглянуті найбільш поширені види лазерних рівнів, класифікація, їх переваги та недоліки.

Ключові слова: лазерний рівень, нівелір, клас лазера, проекція.

ВСТУП

Рівень – вимірювальний пристрій для перевірки горизонтальності або вертикальності площини. Ці пристрої мають довгу історію, ще 5 тис. років тому єгиптяни використовували косинець зі схилом в вигляді букви А з металевим важіль, який був підв'язаний на мотузку. Цю технологію використовували до 1661р. В цьому році французький вчений Мельхиседек Тревено винайшов спиртовий рівень який був заснований на схожому принципі. Колба заповнена спиртом з бульбашкою повітря монтувалась в дерев'яний або металевий корпус і відхил бульбашки від центру показував нерівність поверхні. В наш час розповсюджені оптичні, лазерні та цифрові рівні. Рівень або нівелір – пристрій призначений для знаходження різниці висот між декількома точками поверхні. Його робота заснована на прямолінійності промінів, а основною задачею є побудова стабільної горизонталі відносно якої будь-які відхилення будуть помітними. Найбільше розповсюдження цей пристрій знайшов серед будівників, ремонтників, геодезистів, проектувальників а також топографів. Під час роботи лазерного рівня користувач знімає показники сам дивлячись на рейку поряд з випромінювачами. Головна технічна особливість полягає в присутності випромінювачів, які формують горизонтальну або(та) вертикальну лінію. Площина в якій можуть працювати лазерні рівні обмежуються лише силою випромінювачів, отже з плином прогресу вони будуть вдосконалюватись. [1-2]

ВИДИ РІВНІВ

Лазерні рівні поділяються за такими ознаками:

- За типом вирівнювання;
- За кількістю площин на які проектується промінь;
- За типом випромінювачів.
- За типом вирівнювання лазерні рівні поділяються на:
 - Ручне вирівнювання;
 - З самовирівнюванням;
 - Комбіновані.

Лазерні рівні з ручним типом вирівнювання повинні налаштовуватись користувачем використовуючи пазиркові рівні які частіше за все вбудовані в корпус рівня. Точність в даному випадку буде залежати від якості циліндричного рівня та зору користувача. Точність таких рівнів приблизно 3мм на метр. До переваг такого типу можна віднести дешевизну, а до недоліків складність та тривалість налаштування. Представниками цього типу є відчизняний Dnipro-M ML-230 та німецький Bosch Professional 0603663C01.

Лазерні рівні з самовирівнюванням відрізняються механічним вирівнюванням з маятником та лазерним випромінювачем закріпленим на маятнику. Маятник при встановленні виконує коливання та вирівнюється під впливом власної ваги. Його особливістю є те, що він збирає інформацію з датчиків про положення рівня та вирівнює промінь строго горизонтально. Представником цього типу є японський Yato YT-30425. Лазерні рівні з комбінованим типом вирівнювання є комбінацією двох попередніх типів, наприклад з ручним вирівнюванням для вертикальної площини та електронним для горизонтальної.

За типом площин на які проєктуються проміні поділяються на: Однопроменеві, які діють лише в одній площині; Двопроменеві, які працюють в площині XZ; Трьохпроменеві, розраховані на функціонування в трьох площинах (X, Y, Z).

За видом випромінювачів лазерні рівні поділяють на:

- Точкові;
- Лінійні;
- Ротаційні.

Точкові рівні працюють як лазерна вказівка, направляючи промінь або декілька промінів, в залежності від кількості площин в яких працює рівень, на поверхні. В залежності від моделі можуть бути додаткові промені, що роблять простішою розмітку. Використовуються частіше за все в розмітці каркасів будівель. Представником є Bosch GPL 5 Professional з наступними характеристиками:

Кількість точок проєкції – 5;

Діапазон самонівелювання - $\pm 5^\circ$ для продольної осі та $\pm 3^\circ$ для поперечної;

Клас лазера – 2;

Потужність діода – 635 нм, < 1 мВт;

Робочій діапазон – 30 м;

Захищеність від пилу та водяних крапель – за стандартом IP 5X.

Bosch GPL 5 Professional зображений на рис. 1.

Принцип роботи лінійних лазерних рівнів або крос-лайннів полягає в тому, що промінь від лазерного діода проходить через систему призм та розсіюється. В результаті отримується вузька смужка світла яка проєктується на площину в вигляді ліній та на площині виглядає як декартова система координат. До переваг такого рівня можна віднести зручність у порівнянні з точковими. Недоліками такого типу є те, що в них використовуються оптичні призми які розсіюють

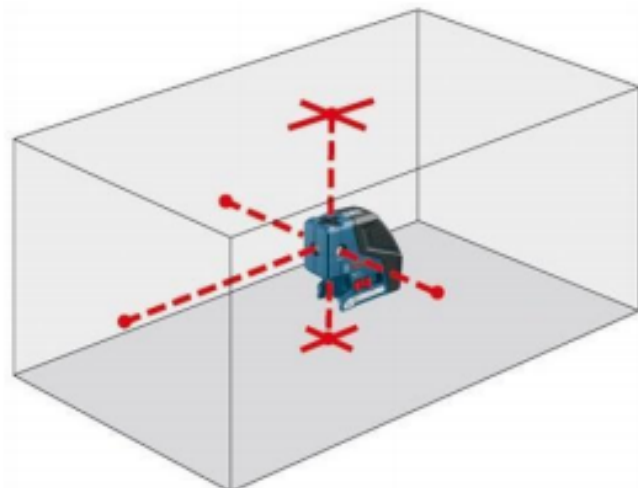


Рисунок 1. Точковий лазерний рівень Bosch GPL 5 Professional

світло і це зменшує силу їх промінів що ускладнює роботу в сонячний день та при сильному освітленні, також вони коштують дорожче за точкові. Представником цього типу є Bosch GLL 3-80 Professional та має характеристики:



Рисунок 2. Лінійний лазерний рівень Bosch GLL 3-80 Professional

Робоча температура – від -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
Робоча відстань – 40м без приймача та 80м з приймачем;
Клас лазеру – 2;
Потужність діоду – 640 нм, $< 1 \text{ мВт}$;
Діапазон самонівелювання - $\pm 4^{\circ}$;
Захищеність від пилу та водяних крапель – за стандартом IP 54.

Bosch GLL 3-80 Professional зображений на рис. 2.



Рисунок 3. Ротаційний лазерний рівень Bosch GRL 300 HV SET

В ротаційних лазерних рівнях світлодіодне джерело розташоване на роторі який завдяки обертанню навколо своєї осі проектує площину. Довжина променя в таких рівнях може досягати декількох сотень метрів що дозволяє створити загальний горизонт на робочій площадці. До недоліків такого типу можна віднести те що його представники є найдорожчими з моделей представлених на ринку. Представником цього типу є Bosch GRL 300 HV SET який має наступні характеристики:

Робоча температура – від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
Робоча відстань – 60м без приймача та 3000м з приймачем;
Клас лазеру – 3R;
Потужність діоду – 640 нм, $< 1 \text{ мВт}$;
Діапазон самонівелювання – $\pm 5^{\circ}$;
Захищеність від пилу та водяних крапель – за стандартом IP 54.
Швидкість обертання – 150, 300, 600 об/хв.

Bosch GRL 300 HV SET зображений на рис. 3.

Також лазерні рівні відрізняються кольором лазеру. В більшості випадків це червоний або зелений колір. Вибір певного кольору залежить від кольору поверхні на яку проектується промінь та освітленості території. Червоний колір має більшу довжину хвилі ніж зелений 635 нм у червоного кольору в порівнянні з 532 у зеленого але для людського ока оптимальною довжиною хвилі для сприйняття є довжина 555 нм і через це краще сприймається. [3-4]

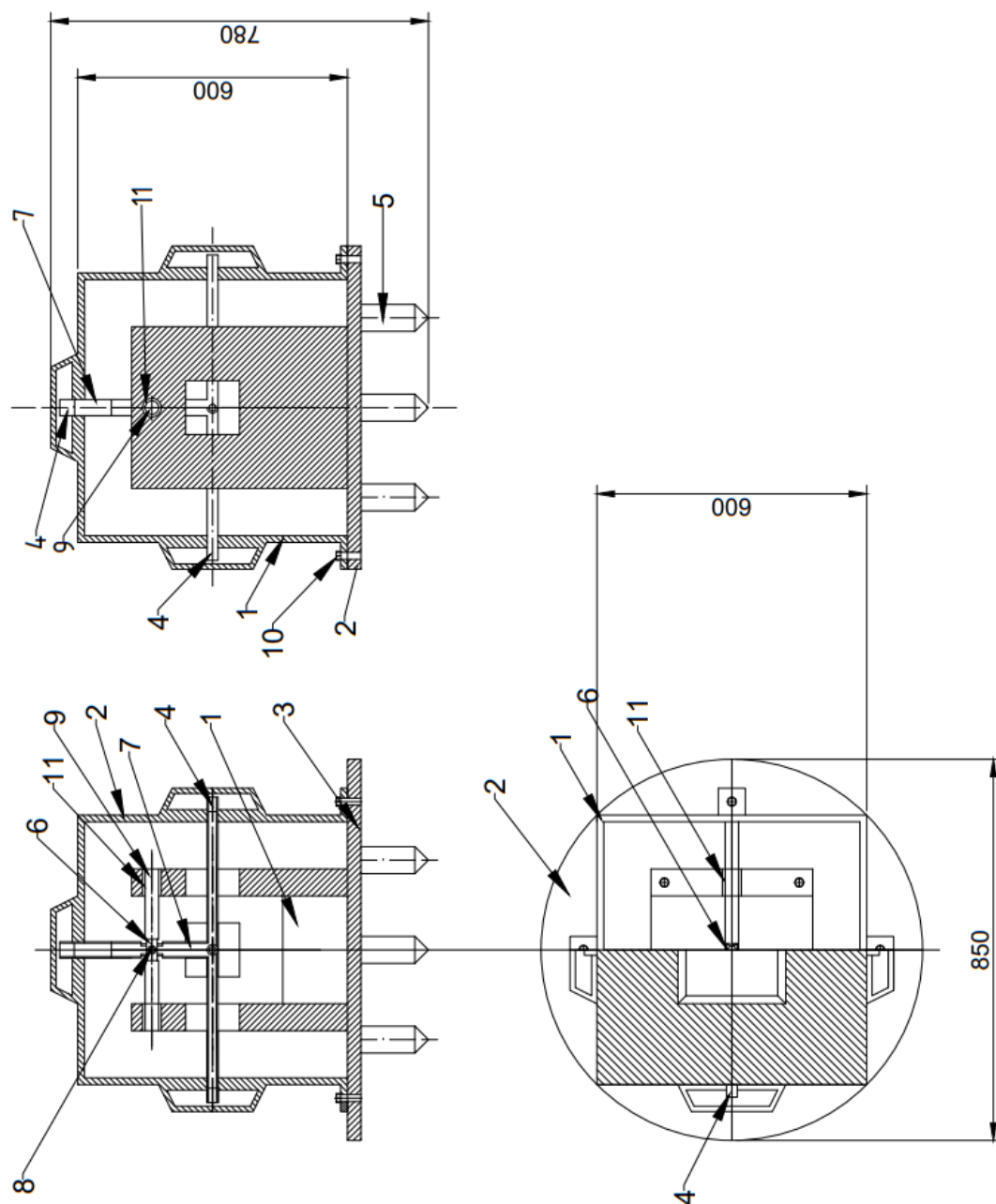
ВИСНОВОК

В наш час такі професії як маркшейдер, будівельник, дизайнер та навіть інженер не уявляють своє життя без рівнів. Одними з найзручніших приладів для розмітки площини є лазерний рівень, але даний тип рівнів також є широкою площиною для досліджень наприклад: збільшення робочої площини для нанесення міток одним приладом на велику площину що допоможе при спорудженні великих будівель, знаходження більш дешевих шляхів виробництва приладів та покращення точності для збільшення якості споруджень побудованих по міткам лазерних рівнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Лазерні нівеліри. Режим доступу: <http://psy.wikireading.ru/96694>
- [2] Давлетшина А. Д. Історія створення та сучасне виробництво нівеліра // Журнал «Молодой учёный» – 2017 – №3. с.193-194.
- [3] Лазерні нівеліри. Режим доступу: <https://moluch.ru/archive/137/38287/>
- [4] Лазерні нівеліри. Режим доступу: <https://www.nivelirsale.com.ua/article-nivelir-rotacionui>

Наук. керівник – к.т.н., доц. Нечай С.



ІТЧУ КП ДПБ ПМ-6105.000.СК		Розроб.	Виконав.
Кутовий маятниковий компенсатор		Відрізок	Відрізок
Львів ПМ-61		Відрізок	Відрізок
4 Крес.		Відрізок	Відрізок

89				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ДП ПМ-61 05.000.ПЗ

Специфікація

Форма	Знач	Поз	Позначаення	Найменування	Кількість
				Специфікація	
A1			<i>НТУУ.КІП.ДПБ.ПМ-6105.000.СК</i>	Складальний кресленик	
				Складальний вузел	
		1		Електричний блок	
				Деталі	
A1		2	<i>НТУУ.КІП.ДПБ.ПМ-6105.000.001</i>	Корпус	1
		3		Основа	1
A1		4	<i>НТУУ.КІП.ДПБ.ПМ-6105.000.002</i>	Лазерний модуль	5
		5		Опора	1
		6		Алюмінієвий профіль	1
		7		П'ятикінцева хрестовина	1
		8		Вал d20	2
		9		Вал d50	2
				Стандартизовані вироби	
		10		Болт М 5Х10	4
		11		Підшипник	2
		12		Підшипник	2

	<p>1. Гострі кромки притупити.</p> <p>2. Невказані граничні відхилення Н10, h10</p>	<p>НТУУ КП ДПБ ПМ-6105.000.004</p> <p>Ван</p> <p>Алюміній АД1015</p> <p>ГОСТ 4784-97</p>
	<p>1. Гострі кромки притупити.</p> <p>2. Невказані граничні відхилення Н10, h10</p>	<p>НТУУ КП ДПБ ПМ-6105.000.003</p> <p>Деталь №3</p> <p>Алюміній АД1015</p> <p>ГОСТ 4784-97</p>
	<p>1. Гострі кромки притупити.</p> <p>2. Невказані граничні відхилення Н10, h10</p>	<p>НТУУ КП ДПБ ПМ-6105.000.002</p> <p>Хрестовина</p> <p>Алюміній АД1015</p> <p>ГОСТ 4784-97</p>
	<p>1. Гострі кромки притупити.</p> <p>2. Невказані граничні відхилення Н10, h10</p>	<p>НТУУ КП ДПБ ПМ-6105.000.001</p> <p>Ван</p> <p>Алюміній АД1015</p> <p>ГОСТ 4784-97</p>

	<p>1. Гострі кромки притупити.</p> <p>2. Невказані граничні відхилення Н12, h10</p>	<p>НТУУ КП ДПБ ПМ-6105.000.006</p> <p>Корпус</p> <p>Пластик ПВХ-С983М</p> <p>ГОСТ 14332-78</p>
	<p>1. Гострі кромки притупити.</p> <p>2. Невказані граничні відхилення Н12, h10</p>	<p>НТУУ КП ДПБ ПМ-6105.000.005</p> <p>Основа</p> <p>Алюміній АД1015</p> <p>ГОСТ 4784-97</p>

